Zur Kenntniss von Macrocystis und Thalassiophyllum.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen philosophischen Facultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Otto Rosenthal
aus Marne in Schleswig-Holstein.

Marburg.
Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).
1890.

Referent: Professor Dr. Falkenberg.

(Separatabdruck aus »Flora oder allgemeine botanische Zeitung«. 1890. Heft 1.)

Seinen lieben Eltern

aus Dankbarkeit.

Im Jahre 1884 erschien in der botanischen Zeitung eine vorläufige Mittheilung von Will[1]) über die Anatomie von *Macrocystis luxurians*, in welcher eine eingehendere Zusammenstellung der Untersuchungsresultate in Aussicht gestellt wird.

Da seitdem Ausführliches nicht veröffentlicht ist, so unternahm ich es, auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. Falkenberg, *Macrocystis* genauer zu bearbeiten, zumal dieses um so nothwendiger war, als Will sich augenscheinlich von unrichtigen Anschauungen über die Vermehrung der Gewebemasse leiten liess, und weil die Entwicklungsgeschichte auch im einzelnen grosse Lücken aufzuweisen hatte.

Im Verlauf der Bearbeitung von *Macrocystis* gelangte ich an verschiedene Punkte, die zu einem Vergleich mit anderen *Melanophyceen* Veranlassung gaben. So bildet die Untersuchung von *Macrocystis* und die Vergleichung ihrer anatomischen Verhältnisse mit anderen *Laminariaceen* und einigen *Fucaceen* den ersten, grösseren Abschnitt meiner Arbeit.

Der zweite Theil behandelt die Gattung *Thalassiophyllum*, über deren Aufbau und Wachsthum bisher keinerlei Angaben vorlagen, ausser dem was Agardh[2]) über die Gattung sagt.

Die Arbeit wurde im Wintersemester 1888/89 und einen Theil des Sommersemesters 1889 im botanischen Institut der Universität Rostock angefertigt. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Falkenberg, für die liebenswürdige und anregende Unterstützung, welche mir derselbe jederzeit angedeihen liess meinen herzlichen Dank auszusprechen. Auch Herrn Privatdocent Dr. Oltmanns fühle ich mich verpflichtet.

Das mir zu Gebote stehende Material von *Macrocystis* verdanke ich der italienischen Expedition des Vittore Pisano; es wurde in der Magalhaensstrasse von Capitain Chierchia gesammelt und, in Alcohol gesetzt, durch Vermittelung der zoologischen Station in Neapel dem Rostocker botanischen Institut bereitwilligst überlassen.

Herbariumsexemplare, welche ich zur Orientirung über die äussere Gestaltung brauchte, wurden mir freundlichst vom Berliner botanischen Museum zur Verfügung gestellt; auch ihm bin ich zu Dank verpflichtet.

---

1) Will, Zur Anatomie von *Macrocystis luxurians* Hook fil. et Harv. Botan. Zeitung 1884. No. 51 und 52. Vorläufige Mittheilung.

2) J. G. Agardh, Spec. gen. et ordin. Algarum pag. 138. 139.

Das übrige Material, von *Thalassiophyllum* und den anderen *Melanophyceen*, entstammt dem Herbarium und der Spiritussammlung des Rostocker botanischen Instituts.

Bevor ich mit der Darstellung meiner Untersuchungsergebnisse beginne, möchte ich kurz die Behandlungsweise des Materials anführen.

Bei der äusserst feine Schnitte erfordernden Verfolgung der entwicklungsgeschichtlichen Punkte, bei der Empfindlichkeit der Präparate gegen Wasser und Glycerin, wodurch oft eine störende, zu starke Quellung der Gewebe hervorgerufen wurde, sowie endlich bei der, durch das schnelle Verdampfen bedingten unzweckmässigen Verwendung von Alcohol, empfahl es sich, das Material nach der von Strasburger[1]) angegebenen Methode in Paraffin einzubetten und mit dem Mikrotom zu schneiden.

Die untersuchten Algen, ausser *Thalassiophyllum*, welch' letzteres Jahre lang im Herbarium gelegen hatte, konnten ohne Weiteres der Härtung und Einbettung unterworfen werden. *Thalassiophyllum* war jedoch der starken Schrumpfung der Gewebe wegen, vor der Verarbeitung mit Wasser zu behandeln, und erwies sich die Methode, die Thallusstücke mehrere Stunden in Wasser von 55—60° liegen zu lassen, als ganz zweckmässig, soweit überhaupt die eingetrockneten Gewebe eine Aufbesserung gestatteten.

Die Härtung vor der Einbettung in Paraffin hatte sehr vorsichtig zu geschehen, weil bei zu schneller Concentration des Alcohols die Zellen bedeutende Schrumpfung erlitten. Am besten eignete sich die Härtungsmethode mittelst des Dialysators, wie sie Strasburger[2]) angiebt.

Zur Erreichung günstiger Färberesultate wandte ich zwei verschiedene Verfahren an, die sich beide bewährten.

Das erste beruht darauf, das Material von vornherein zu färben und dann die Einbettung vorzunehmen; das zweite besteht in der Färbung nach dem Aufkleben der Schnitte.

Bei der ersten Methode bediente ich mich wässeriger Farbstofflösungen, in welche ich die Thallusstücke meist 48 Stunden hineinlegte, um sie dann der Härtung zu unterwerfen und einzubetten. Nach dem zweiten Verfahren werden die aufgeklebten Schnitte entweder mit einer Lösung von Farbstoff in Chloroform tingirt, oder nach Entfernung des Paraffins mittelst Chloroform oder Benzin und nachheriger Behandlung der paraffinfreien Schnitte successive mit Aether-Alcohol, Alcohol und Wasser, durch wässerige Lösungen gefärbt. Es ist die zuletzt angegebene Methode etwas umständlich und äusserst sorgfältig vorzunehmen, sie eignet sich auch nicht für Serien, bietet jedoch wieder den Vortheil, sehr dünne Schnitte mit Reagentien weiter behandeln zu können, wie ich beispielsweise bei

---

1) Strasburger, Das botanische Practicum pag. 270 ff.

2) Strasburger, Das botanische Practicum pag. 314 ff.

der Plasmaentfernung durch Eau de Javelle öfters auszuführen Gelegenheit hatte. Man kann ja allerdings auch ohne Einbettung das Material zwischen Hollundermark mit dem Mikrotom schneiden, es haben aber die Uebertragung der äusserst dünnen Schnitte auf den Objectträger und die unversehrte Ausbreitung bedeutend mehr Schwierigkeiten, als wenn man aus den aufgeklebten Schnitten durch gehärtetes Material das Paraffin entfernt.

Bei den überaus vielen Versuchen, wo es sich darum handelte, zweckentsprechende Doppelfärbungen zu erzielen, kam ich immer wieder auf Safranin und Haematoxylin zurück. Besonders ersteres ist in wässeriger Lösung ganz vorzüglich zu brauchen.

Eine Lösung von Safranin in Chloroform, welche ich zur Färbung der aufgeklebten Schnitte meist anwandte, wird durch Eosinsäure, einem neuen, im Rostocker chemischen Universitätslaboratorium von Herrn stud. Walcker dargestellten Farbstoff, in gleicher Lösung an Tinctionsintensität noch bedeutend übertroffen.

Macrocystis luxurians.

I. Aeussere Gestaltung.

Der mit gabelig verzweigten Wurzeln an Steinen haftende Thallus von *Macrocystis* gliedert sich in »Stamm« und »Blätter« (Fig. 2) und in ein grösseres zusammenhängendes Endstück (Fig. 1).

Das Endstück ist ein sichelförmiges bis schwertförmiges Gebilde, welches sich der ungleichen Dicke seiner Ränder wegen, der Klinge eines Messers vergleichen lässt, insofern als der verdickte Rand (Fig. 1 *s—v*), der sich nach der Spitze des Gipfelstückes mehr und mehr verdünnt (Fig. 1 *v—l*), dem Rücken, der andere Rand (Fig. 1 *d*) der Schneide des Messers entsprechen würde.

An jener Stelle, wo der Rücken sich nach der Spitze des Endstückes hin zu verdünnen beginnt, liegt der Vegetationspunkt (Fig. 1 *v*). In diesem treten Risse auf, welche streng progressiv entstehen: Die jüngsten und dementsprechend kleinsten liegen daher immer der Spitze des Endstückes zunächst.

Die Risse verlaufen mehr oder minder unter spitzem Winkel zum Rücken; sie beginnen in der Nähe des letzteren und verlängern sich gegen die Schneide hin.

Die Rissebildung geschieht im Vegetationspunkt derart, dass zwischen dem jüngsten Riss und dem Rücken des Endlappens, parallel oder unter spitzem Winkel zum Rücken verlaufende Furchen von der oberen und unteren Fläche her durch das Gewebe mit einander in Verbindung treten, zu einem einzigen Riss verschmelzen und so den Vegetationspunkt in zwei Hälften theilen, welche, wie ihre weitere Ausbildung zeigt, nicht gleichwerthig sind.

Während die eine Hälfte sich an ihrer Basis streckt, mehr oder weniger cylindrischen Querschnitt annimmt und sich in ihrem mittleren Theil den Character des Vegetationspunktes conservirt, wird die andere Hälfte blattartig; sie rundet sich an ihrer Basis zum Stiel ab, der sich mit der Zeit zur Schwimmblase modificirt (Fig. 1 *b*), während die oberhalb des Stieles gelegene Partie spreitenartig bleibt (Fig. 1 *c*).

Durch die beträchtliche Längenwachsthumsenergie des Rückens und der ihm angrenzenden Partieen, die sich unterhalb des Vegetationspunktes in Folge des Dickenwachsthums mehr und mehr cylindrisch abgerundet und das Aussehn eines Stammes angenommen haben, rücken die Insertionspunkte der blattartigen, anfänglich noch zusammenhängenden Lappen auseinander.

Mit Hülfe der Wellen werden schliesslich die Lappen von der Endlamina unter Verlängerung der Spalten bis zum Schneidenrand abgerissen. Sie erscheinen dann dem Rücken des Endstückes wie die Blätter höherer Pflanzen inserirt, und zwar ist die Einfügung eine einzeilige.

Wenn auch die blattartigen Gewebelappen ihrer Entstehung nach keine Blätter sind, und ebenfalls der abgerundete Rand mit einem Stamm nichts gemein hat, so wird doch der Einfachheit wegen die Nomenclatur Blatt und Stamm im folgenden Anwendung finden.

Die Spaltung in ungleichwerthige Hälften, wie im Vegetationspunkt von *Macrocystis*, ist nicht von Anfang an an den Individuen vorhanden.

Verfolgen wir das einseitige Verzweigungssystem nach der Basis des gegliederten Thallus (Fig. 2), so kommen wir schliesslich an einen Punkt, an dem die einseitige Insertion von einzelnen Blättern aufhört und Spaltungen in gleichwerthige Abschnitte stattgefunden haben.

Eines dieser Theilstücke (Fig. 2 *a* 6) erhob sich nach unserer Figur durch gesteigertes Längenwachsthum über die anderen a_5 a_4 a_3, und wird durch das ganze einseitige Verzweigungssystem (Fig. 2 a_6 + Fig. 1) mit dem thätigen Vegetationspunkt repräsentirt.

Diese anfänglichen Spaltungen in gleichwerthige Lappen lassen sich am besten an einem Keimling von *Macrocystis* übersehn (Fig. 3).

Nach Will und Agardh[1]) wird der Anfang zur späteren reichen Gliederung des Thallus von *Macrocystis* dadurch eingeleitet, dass sich an der Basis der schwert- bis sichelförmigen, stiellosen jugendlichen Pflanze in der Mitte ein Spalt sichtbar macht, der sich nicht bis zur Spitze oder dem Rand der Lamina fortsetzt (Fig. 3 *a*), und durch den der Keimling an der Basis in zwei gleichwerthige Hälften gespalten wird. Die letzteren theilen sich ihrerseits eben so weiter, indem sich auch in der Mitte der durch Spaltung entstandenen Hälften an der Basis Risse bemerkbar machen, die jeden Abschnitt wieder in zwei Theile spalten (Fig. 3 b^1 b^2).

---

1) Agardh, Spec. gen. et ordin. Algar. pag. 153 ff.

Diese Theilungen in gleichwerthige Hälften können sich in derselben Weise noch weiter wiederholen.

Die Basis des Keimlings, sowie die entstandenen Lappen wachsen in die Länge und werden an ihrem unteren Ende stielrund, während die oberen flachen Theile zunächst noch unter einander in Zusammenhang bleiben und später auseinander gerissen werden.

Es entspricht die Gliederung in Figur 2 derjenigen in Figur 3. Die Risse a, b^1, b^2 im jugendlichen Stadium (Fig. 3) sind analog s, s^1, s^2 im weiter vorgerückten (Fig. 2). Die noch nicht gestreckten und abgerundeten gleichwerthigen Thallustheile c_1 c_2; c_3 c_4; c_5 c_6 an der Basis c kann man den in Stiel und Spreite gegliederten älteren gleichwerthigen Abschnitten a_1 a_2; a_3 a_4; a_5 a_6 an der Basis a vergleichen. Von diesen weisen die Blätter A, B, C am Grunde der Lamina je drei Risse auf.

Die Spaltung in gleichwerthige Hälften hört nach Agardh auf, wenn das eine oder das andere dieser Theilstücke vom Längenwachsthum bevorzugt wird und sich bedeutend über die anderen erhebt (Fig. 3 c_6 entsprechend Fig. 2 a_6).

Es werden dadurch die übrigen Lappen, welche im Wachsthum zurückbleiben, von der kräftigst wachsenden Lamina in ähnlicher Weise abgerissen, wie ich es oben für das spätere Endstück beschrieb; der stärker wachsende Abschnitt mit dem dauernd thätigen Vegetationspunkt (Fig. 1 v) sorgt für weitere Gliederung durch einseitige Blattbildung, und so kommt das Verzweigungssystem zu stande, welches ursprünglich den zusammenhängenden Thallus ausmachte (Fig. 3).

Meist sind es an der jugendlichen Pflanze die am weitesten nach aussen gelegenen Theilstücke, welche sich über die anderen erheben; es kommt aber auch vor, dass dieses oder jenes nach innen gelegene Stück stärker in die Länge wächst. Es kann sich ereignen, dass dies mehr oder weniger zu gleicher Zeit stattfindet — man denke sich zum Beispiel, wie es an einigen von mir untersuchten Pflanzen der Fall war, Fig. 2 a_4 zum Stamm verlängert, in gleicher Weise wie a_6 — ich habe aber auch Exemplare angetroffen, an denen bereits ein Stück sehr lang entwickelt war und hoch über der Basis des gegliederten Thallus einen Vegetationspunkt trug, während ein jüngeres Theilstück sich nachträglich auch stärker in die Länge streckte als seine Schwesterstücke (Fig. 2 A X) und sich ebenso verhielt, wie das zuerst vom Längenwachsthum bevorzugte, also gleichfalls durch Rissbildung für die weitere einseitige Gliederung sorgte.

Es geht aus diesen Thatsachen hervor, dass schliesslich jedes Theilstück einen dauernd thätigen Vegetationspunkt haben kann, und dürfte Agardh nicht ganz im Recht sein, wenn er behauptet, dass die Rissbildung in der jugendlichen Pflanze aufhört, sobald sich das eine oder andere Theilstück in Folge stärkeren Längenwachsthums erhebt.

Während die Blätter *A*, *B*, *C* in Figur 2 durch »Dichotomirung« — wenn man diese allerdings bequeme aber uncorrecte Bezeichnung anwenden will — aus dem jungen Thallus hervorgegangen sind (Fig. 3 c_3—c_5), findet mit der Streckung von a_6 die Abtrennung der Blätter im Vegetationspunkt, wie oben angegeben, nur nach einer Seite hin statt. Will bezeichnet diese Erscheinung als eine »sympodiale bostrychoïde Gabelung«. Man kann dieses Verzweigungssystem allerdings als sympodiale Gabelung auffassen, jedoch schliesst die Bezeichnung »bostrychoïd« eine Richtung der seitlichen Blätter ein, welche in verschiedenen Ebenen liegt, und das ist bei *Macrocystis* nicht der Fall. Andererseits ist es auch nicht unzweckmässig, das fortwachsende Ende als gemeinsames Fussstück der seitlich inserirt erscheinenden Blätter zu betrachten und das System als Monopodium aufzufassen, zumal aus dem gleichen Vegetationspunkt das ganze Verzweigungssystem hervorgeht.

Die durch die Thätigkeit des Vegetationspunktes entstandenen Blätter (Fig. 1, Fig. 2 *E D*) modificiren ihren Stiel, wie bereits erwähnt, zu einer birnförmigen Schwimmblase. Es schien mir anfangs, dass mit der Blasenentstehung für die Blätter die Fähigkeit verloren gegangen sei, an ihrer Basis durch Risse neue zu erzeugen, weil sich an dem mir zu Gebote stehenden Material kein einziges blasentragendes Blatt vorfand, welches Risse gezeigt hätte. An einem alten, der Basis der Pflanze genäherten Blatte von *Macrocystis pyrifera var. zosteraefolia* aus dem Herbarium des botanischen Museums zu Berlin bemerkte ich jedoch oberhalb der Schwimmblase, wo die Erweiterung zur Spreite ihren Anfang nimmt, einen grösseren und einen kleineren Spalt; ich zeichnete dieselben in Figur 2 *D* hinein. Es schien mir dies ein noch thätiger Vegetationspunkt zu sein, der, wie wohl anzunehmen, erst später seine Thätigkeit entfaltete, es müssten sonst die Risse bei dem Alter des Blattes länger gewesen sein, oder es hätte schon ausgiebigere Blattbildung stattgefunden.

Wenn man auch aus dem Vorhandensein progressiv kürzerer Risse mit ziemlicher Sicherheit auf einen thätigen Vegetationspunkt schliessen kann, so ist doch die Möglichkeit da, dass seitlich von dem grösseren Riss ein dem auf der anderen Seite entsprechender kleinerer sich noch nachträglich einstellt. In diesem Fall würde man es nicht mit einem activen Vegetationspunkt zu thun haben.

Jedenfalls ist aber Will's Angabe, dass mit Schwimmblasen versehene Blätter die Fähigkeit eingebüsst haben, durch Rissbildung für weitere Differenzirung zu sorgen, unter Vorbehalt aufzunehmen.

Nach dem Abreissen der jungen Blätter von der Endlamina der Sprossspitze finden sich am Rande oberhalb des Stieles oder der in Bildung begriffenen Schwimmblase kleine zahnartige Vorsprünge, die mit dem Wachsthum der Blattspreite auch an Grösse zunehmen; es sind dann die älteren Blätter in gewissen Zwischenräumen mit länglichen, dem Rande

anliegenden und nach der Spitze gerichteten Zähnen besetzt; auch die letztere läuft in einen Zahn aus.

Die an die Blattstellung höherer Pflanzen erinnernde seitliche Insertion tritt sehr deutlich hervor, wenn, wie es regelmässig vorkommt, der Stamm sich dehnt; die Blätter erscheinen dann zweizeilig an demselben eingefügt. Die Entstehung der ihnen eigenen schwertförmigen Gestalt rührt daher, dass die eine Seite des mit dem Gipfelstück noch zusammenhängenden Blattes, und zwar die vom Vegetationspunkt abgewendete stärker wächst als die andere.

In der Jugend glatt, zeichnen sich die Blätter im Alter durch runzliche Beschaffenheit aus. Nach Will schwanken Länge und Breite, und bewegen sich innerhalb weiter Grenzen; an einem ca. 70 Meter langen *Macrocystis*stamm fanden sich Blätter von 1,6 Meter Länge bei einem mittlern Durchmesser von 0,27 Meter.

Die im jüngeren Zustande cylindrischen Stiele und Stämme mit kreisförmigem Querschnitt nehmen mit der Zeit auf dem Querschnitt ovale, plattgedrückte Gestalt an. Der Stamm erreicht nach Will, speciell an der Blattinsertion, wo er sich besonders abflacht, einen grösseren Durchmesser von 15 Millimetern.

Das Dickenwachsthum ist also im Verhältniss zur Ausdehnung in die Länge, die 200–300 Meter betragen kann, ein relativ geringes.

Fortpflanzungsorgane habe ich, ebensowenig wie Will, nachweisen können.

II. Anatomie und Histologie.

Wie die äussere Gestaltung, so wurde auch der innere Bau von *Macrocystis* bereits von Will unter gleichzeitiger Rücksichtnahme auf die Entstehung einzelner Formelemente behandelt.

Will geht zu Anfang seiner Arbeit auf die Gewebeformen der Spreite ein und beschreibt dann die Differenzirung des Spreitentheils in Stamm und Blatt. Des weiteren behandelt er den inneren Bau des jungen Stammes und Blattstiels, knüpft daran Betrachtungen über das Dickenwachsthum und spricht am Ende dieses Abschnittes von der Entstehung der Schwimmblasen. Der Bau des alten Stammes bildet den Schluss seiner Arbeit.

Ich werde im folgenden den Stoff etwas anders anordnen. Es scheint mir zweckmässiger, vom Vegetationspunkt auszugehn und dann Rücksicht zu nehmen auf Spreite und Stamm, in die der Vegetationspunkt nach der Sprossspitze und der Basis zu übergeht.

Nach Besprechung der Anatomie und des Dickenwachsthums werde ich die entwickelungsgeschichtlichen Punkte zu erledigen haben.

1) Thätiger Vegetationspunkt.

Der länglich-ovale Querschnitt durch den Vegetationspunkt lässt drei sehr scharf von einander abgegrenzte Gewebe unterscheiden: Zu äusserst die Bildungsschicht, dann die Rinde und endlich das Füllgewebe, welches den mittleren Theil einnimmt.

Die Zellen der Bildungsschicht (Fig. 4*a*) sind durch ihre Gestalt von dem übrigen Gewebe auf den ersten Blick hin zu unterscheiden. Sie besitzen Cylinder-, Kegel- oder umgekehrte Kegelform und enthalten reichlich gefärbte Chromatophoren.

Die sich an die Bildungsschicht anschliessende Rinde (Fig. 4*b*) besteht in ihrem äusseren Theil, der Aussenrinde, aus radialen Zellreihen, deren Glieder zunächst der Bildungsschicht klein und isodiametrisch sind, und, wie diese, Chromatophoren, allerdings in spärlicherer Menge führen. Eine Mittellamelle tritt in ihren Wänden in Folge anderen Lichtbrechungsvermögens deutlich hervor. Weiter nach innen vergrössert sich das Lumen der Zellen mehr und mehr und nimmt radial gestreckte Gestalt an.

Die innere Schicht des Rindenmantels, die Innenrinde, unterscheidet sich von der Aussenrinde dadurch, dass die Zellwände hier dickere Beschaffenheit haben, und die radiale Streckung der Zellen, wie sie die Aussenrinde zeigt, isodiametrischer oder tangential gestreckter Form Platz machte. Auf dem Längsschnitt erweisen sich die Innenrindenzellen als Gebilde, deren grösserer Durchmesser in die Längsaxe des Vegetationspunktes fällt (Fig. 4*c* und Fig. 5). Je näher dieselben dem Füllgewebe liegen, desto reichlicher treten in ihnen neugebildete Querwände auf, durch welche die langgestreckten Innenrindenzellen quer gefächert erscheinen. Die einzelne Innenrindenzelle wird dadurch in einen Zellfaden verwandelt, der aus rechteckigen oder quadratischen Gliedern besteht, und dessen Endzellen zugespitzt sind (Fig. 5 u. 6).

Bildungsschicht und Rindenzellen schliessen sich interstitienlos an einander an.

Die Mitte des Vegetationspunctes wird durch ein Gewebe eingenommen, dessen Wände mehr verdickt sind als die der Innenrinde und sich in Folge dessen von Bildungsschicht und Rinde als dritte Gewebeform deutlich unterscheiden lässt; sie wurde bereits mit dem Namen Füllgewebe bezeichnet.

Seine Zellen ähneln sehr denen der innern Rinde, zeigen ebenfalls auf dem Querschnitt isodiametrische oder tangential gestreckte Form und bestehen aus mehr oder weniger durch die gequollenen, verdickten Wände auseinandergedrängten Reihen, die an einigen Stellen noch mit einander in Zusammenhang stehn und deren einzelne Zellen nur wenig gestreckter erscheinen als die der inneren Rinde (Fig. 7*i*, vergl. auch Fig. 10). Zwischen ihnen ziehen sich in beschränkter Anzahl nach allen Richtungen schmale Zellfäden hin, die Hyphen.

Wenn ich die äusserste Gewebepartie mit Bildungsschicht bezeichne, so geschieht das aus dem Grunde, weil einzig und allein durch ihre Thätigkeit die übrigen Gewebe, äussere und innere Rinde, sowie das Füllgewebe erzeugt werden.

Ungemein klar und übersichtlich tritt die Entstehung sämmtlicher Zellen aus der Bildungsschicht auf axilen Schnitten durch einen Vegetationspunkt hervor, welche parallel der Flächenausbreitung des Endlappens geführt wurden (Fig. 4—7 *i*).

Die Bildungsschicht ist in lebhafter Theilung durch radiale und tangentiale Wände begriffen (Fig. 4 *a*). Durch den ersten Process wird die Zahl der Oberflächenzellen vermehrt, während die durch tangentiale Wände abgeschnittenen Zellen zu Rindenzellen werden. Die letzteren theilen sich ihrerseits wieder, sodass radiale Zellreihen entstehen, die auf Quer- uud Längsschnitt dieselbe Anordnung aufweisen (Fig. 4 *b*) und überaus deutlich, eben durch ihre radial an die Zellen der Bildungsschicht sich anschliessende Orientirung den Ursprung aus letzterer erkennen lassen. Man würde die Bildungsschicht und das Rindengewebe deutlich als ein System von radial gestellten Fäden mit selbstständigem Spitzenwachsthum und weiterer Verzweigung ansehen können, wenn nicht eben nachträglich in den inneren älteren Segmenten des Fadens neue Zelltheilungen aufträten.

Dort, wo die Wände der Rindenzellen sich zu verdicken beginnen, also am Uebergang von äusserer zu innerer Rinde, strecken sich die Zellen der ersteren in die Richtung der Längsaxe des Vegetationspunktes (Fig. 4 *c*) und beginnen sich dann durch Querwände zu fächern und zu Fäden zu modificiren (Fig. 5 und 6), wie ich vorher schon angegeben. Diese kurzgliederigen Fäden bilden die erwähnte dritte Gewerbeform, das Füllgewebe (Fig. 7 *i*), welches dadurch characterisirt ist, dass in ihm Hyphen verlaufen, dass die Längswände der Zellfäden sich stärker verdickt haben und die Mitte des Querschnitts einnehmen, in welche sie durch den von der Bildungsschicht aus erfolgenden Nachschub gedrängt werden.

Was die Bildung der Hyphenfäden anlangt, so findet dieselbe in den Zellen der inneren Rinde statt und zwar derart, dass sich an irgend einem Punkte der Zelllängswand eine Ausstülpuug bemerkbar macht. Dieselbe wächst bedeutend in die Länge, fächert sich durch Querwände und dringt, blind endigend, zwischen die Zellen des innersten Gewebecylinders hinein (Fig. 7 *h*).

Will hat die Entstehung sämmtlicher Gewebe aus der Bildungsschicht nicht in ihrem vollen Umfange erkannt, wie wir bei Behandlung des Dickenwachsthums sehen werden, und ist daher auch seine Nomenclatur nicht correct.

Was ich als Bildungsschicht, Rinde und Füllgewebe bezeichne, nennt Will »Hautschicht«, »Rindenparenchym« und »Hyphengewebe«.

Die oberflächlich gelegenen Zellen, die Will »Hautschicht« nennt, können mit einer solchen überhaupt nicht verglichen werden, da sie continuirlich nach innen Elemente bilden, die successive zu Rinden- oder Füllgewebszellen werden. Ich habe sie daher als Bildungsschicht bezeichnet.

Unter »Rindenparenchym« versteht Will dasselbe, was ich als äussere und innere Rinde trenne. Er spricht erst beim »Stamm« von einem »secundären Rindenparenchym«, dessen Zellen jedoch von der inneren Rinde jüngerer Stämme, als sie Will untersuchte, verschieden gestaltet sind (vgl. sub Abschnitt 4 a). Hätte er in jungen Stammtheilen den Uebergang von äusserer zu innerer Rinde verfolgt, so würde er nicht zu seiner unrichtigen Beurtheilung des Dickenwachsthums durch Annahme eines besonderen »Verdickungsringes« gekommen sein.

Der Ausdruck »Hyphengewebe« scheint mir ebenfalls für die mittelste Gewebezone nicht der richtige zu sein, denn die Hyphen sind im Verhältniss zu den vertical verlaufenden Zellen des Füllgewebes nur von geringerer Bedeutung und erst aus den letzteren, resp. den angrenzenden Innenrindenzellen entstanden, immerhin also eine secundäre Erscheinung und in Folge dessen nicht geeignet, dem mittelsten Gewerbecomplexe als Bezeichnung zu dienen.

2) Uebergang vom Vegetationspunkt in die Endlamina und den jungen Stamm.

Aufwärts vom Vegetationspunkt geht dessen Gewebe in dasjenige der Endlamina, abwärts in das Gewebe des Stammes über.

Die Endlamina zeigt die Gewebe des Vegetationspunktes in Lagerung und Ausbildung gleich, nur durch Wachsthum des Organes in einer Richtung in die Breite gezogen. Bei dem vorherrschenden Wachsthum in Richtung der Flächenausbreitung der Lamina, welches eine überwiegende Theilung durch radiale Wände bedingt, ist die innere Rinde in älteren Partieen aus der Endlamina nur äusserst schmal und besteht aus nur einer bis zwei Reihen von Zellfäden, die auf dem Querschnitt tangential gestrecktes Lumen aufweisen. Auch das Füllgewebe ist in Folge des geringen Zuwachses in radialer Richtung und der Zerrung, die es durch das Wachsthum in Richtung der Flächenentwickelung der Spreite erfährt, in älteren Partieen sehr schmal. Die Veränderungen im Füllgewebe, gegenüber den Verhältnissen im Vegetationspunkt, sind dieselben wie im jungen Stamm, auf den ich jetzt zu sprechen komme.

Wies der Querschnitt im Vegetationspunkt länglich-ovale Form auf, so ist er im jungen Stamm, in Folge starken Wachsthums der vorderen und hinteren Fläche in radialer Richtung kreisrund geworden. Die Gewebeelemente sind im Princip dieselben wie im Vegetationspunkt. Aeussere und innere Rinde sind allerdings etwas umfangreicher geworden, haben jedoch dieselbe Anordnung wie dort. Die äussere Rinde besteht aus

radialen Reihen, die innere aus Zellen, deren Längsaxe derjenigen des Stammes parallel liegt. Auf dem Querschnitt zeigen die Innenrindenzellen isodiametrisches bis tangential gestrecktes Lumen; es sind das die in lebhafter Theilung begriffenen, gestreckten, zugespitzten Zellen (Fig. 5, 6, 10).

Im Füllgewebe haben einige Veränderungen stattgefunden, auf die ich hier eingehn werde. Während im Vegetationspunkt die Zellen des Füllgewebes denen der Innenrinde im grossen und ganzen gleichen und nur wenig stärker verdickte Wände haben als letztere, so ist im jungen Stamm darin eine Aenderung eingetreten, insofern als die Verdickungen im Füllgewebe bedeutend gegen die in der inneren Rinde überwiegen.

Auf dem Querschnitt treten im Füllgewebe radiale Zellreihen, deren rundes Lumen nach der Mitte zu kleiner wird, und die vielfach durch horizontal verlaufende Hyphen getrennt werden, deutlicher hervor als im Vegetationspunkt; sie liegen mit den Innenrindenzellen auf einem Radius und lassen klar den Ursprung aus letzteren erkennen. Es sind dies, wie der Längsschnitt ergiebt, vertical verlaufende Füllgewebszellen, die sich beträchtlich gestreckt haben und durch Querreihen (Fig. 7 *l*, 8 *a*) mit einander verbunden sind.

Die eigenartige Aufbauschung an den Querwänden, der contrahirte Plasmainhalt, sowie das Vorkommen von callus- und schlauchkopfähnlichen Bildungen (Fig. 8 c), Verhältnisse, wie sie sich besonders an älteren Füllgewebszellen finden, geben denselben das Aussehn von Siebröhren höherer Pflanzen. Auf ihre Entstehung, sowie auf die Vergleichung mit den Siebröhren der höheren Pflanzen gehe ich später ein.

Die Hyphen haben sich, gegenüber dem Vegetationspunkt, im jungen Stamm bedeutend vermehrt; sie durchziehen das Füllgewebe nach allen Richtungen (Fig. 8 *h*, *h'*) und zeichnen sich durch grössere Länge aus.

Was die Entstehung der die vertical verlaufenden Zellen des Füllgewebes verbindenden Querreihen betrifft, so lässt sich dieselbe auf Längsschnitten durch den jungen Stamm verfolgen. Die Horizontalreihen fallen hier mehr in's Auge als im Vegetationspunkt.

Beim Uebergang von innerer Rinde zum Füllgewebe, wo Zunahme der Quellung der Membranen stattfindet, kann man constatiren, dass die Tüpfelschliesshäute ihre ursprüngliche Dünne beibehalten (Fig. 6 *t'*). Während man dort von einem Tüpfelkanal eigentlich kaum reden kann, weil der Tüpfel sehr breit, und der Kanal äusserst flach und ohne scharfe Ränder ist, kommen im ausgebildeten Füllgewebe schliesslich durch die Quellung der an die dünnbleibende Schliesshaut angrenzenden Membranpartieen Tüpfelkanäle zu stande, die mit fortschreitender Quellung der Wände immer tiefer werden, und entweder auf beiden Seiten gleich stark (Fig. 7 *a*) oder ungleich stark (Fig. 7 *t*) entwickelt sind. Mit der Vertiefung der Tüpfelkanäle wird an der längsverlaufenden Füllgewebszelle gewissermassen ein horizontal gerichteter Ast gebildet, der durch das Auftreten

einer Querwand von dem Haupttheil der Zelle als selbstständige Zelle abgegrenzt werden kann (Fig. 7 *l*).

Es ist dies die Entstehung der einen Form von Querverbindungen, durch welche die verticalen Reihen beim Auseinanderweichen in Zusammenhang bleiben. Eine andere Art, welche wohl noch häufiger ist, als die eben beschriebene, entsteht dadurch, dass sich von einer oder mehreren spitzen Zellen der Fäden an der Grenze des Füllgewebes von vornherein Tochterzellen abgliedern, die der Streckung folgen und sich derselben entsprechend theilen (Fig. 10 *b*, *e*).

Uebergänge zwischen aus Tüpfeln entstandenen Querreihen und den zuletzt beschriebenen sind nicht selten.

Callus- und Schlauchkopfbildung finden sich an den Querwänden der verbindenden Horizontalreihen in derselben Weise wie bei den vertical verlaufenden siebröhrenähnlichen Füllgewebszellen.

Solche Vegetationspunkte', welche ihre Thätigkeit bereits eingestellt hatten, zeigten, abgesehen von der Querschnittsform, im wesentlichen dieselben Gewebeelemente, besonders im Füllgewebe, wie der junge Stamm.

3) Das Dickenwachsthum des Stammes.

Während im Vegetationspunkt das Wachsthum in Richtung der Flächenausbreitung der Lamina dem Dickenwachsthum bedeutend überlegen ist, und dementsprechend Theilungen in radialer Richtung seltener auftreten, so sind im jungen Stamm durch ein am ganzen Umfang intensiv thätiges Wachsthum radiale Zellreihen entstanden, die sich deutlicher als im Vegetationspunkt von der Bildungsschicht bis in's Füllgewebe hinein verfolgen und klar ihre Entstehung in letzter Linie aus der Bildungsschicht erkennen lassen.

Wenn man, wie schon oben bei Besprechung des Vegetationspunktes, die Entstehung der Gewebe von der Bildungsschicht bis in's Füllgewebe verfolgt (Fig. 4—8) und sich noch einmal vergegenwärtigt, dass aus den Zellen der Bildungsschicht die äussere Rinde hervorgeht, die sich ihrerseits wieder theilt und die innere Rinde erzeugt, und dass sich aus letzterer das Füllgewebe bildet, wenn man ferner bedenkt, dass nach Differenzirung von äusserer, innerer Rinde und Füllgewebe, die Bildungsschicht immer noch durch ausgiebige Theilungen für weiteren Nachschub sorgt, und zwar selbst dann noch, wenn auch nur in geringem Maasse, theilbar ist, wenn die Aussenrinde ihre Theilungen beschränkt und die Innenrinde aufgehört hat, Füllgewebszellen zu erzeugen, so ist nicht einzusehn, weshalb der Bildungsschicht die Fähigkeit, für das Dickenwachsthum zu sorgen, abgesprochen werden kann, und weshalb dasselbe einer Meristemzone im Inneren, der von Will als »Verdickungsring« bezeichneten Uebergangszone von innerer Rinde zum Füllgewebe — den Zellfäden (Fig. 6 u. 10) — zugeschrieben werden soll.

Für meine Auffassung des Dickenwachsthums vermittelst der oberflächlich gelegenen Bildungsschicht spricht auch die in verschiedenen Entwicklungsstadien verschiedene Lage der später noch ausführlicher zu erwähnenden Schleimgänge (Fig. 14—20), deren Bildung dicht unter dem Vegetationspunkt, und zwar dicht unter der Bildungsschicht, beginnen Dieselben rücken mit zunehmendem Alter und zunehmender Dicke des Stammes mehr und mehr nach innen.

Ueberzeugt man sich ferner, dass auf einem Stadium, wie Fig. 20 es zur Anschauung bringt, das Füllgewebe keinen Zuwachs mehr erfährt, die innere Rinde also nichts mehr abgiebt, während dort die Bildungsschicht noch in geringem Grade theilungsfähig ist, so dürfte auch durch die Lage der Schleimgänge der sichere Beweis erbracht sein, dass nicht der im Inneren gelegene »Verdickungsring« die Ursache des Dickenwachsthums von *Macrocystis* ist, sondern lediglich die oberflächlich gelegene Bildungsschicht.

Ein Widerspruch macht sich offenbar in der Bemerkung Will's geltend, dass in älteren Stammtheilen die Schleimgänge durch die Thätigkeit der »Hautschicht« — Bildungsschicht — weiter nach innen gerückt sind, während er doch vorher behauptet, die Zellen der »Hautschicht« folgen nur dem durch den »Verdickungsring« verursachten Dickenwachsthum. Träfe letzteres wirklich zu, so könnten die fast oberflächlich entstehenden Schleimgänge nicht schliesslich so weit im Inneren liegen, wie es thatsächlich der Fall ist.

Will scheint, wie schon früher angegeben, dadurch zu falschen Deutungen verleitet worden zu sein, dass er von vornherein nicht der ausgesprochenen, auf Flächenschnitten durch jüngere Stadien so klar gebotenen Entstehung der Gewebe aus der Bildungsschicht die nöthige Beachtung angedeihen liess; auch dürften ihn die lebhaften und sehr auffälligen Theilungen in äusserer und innerer Rinde etwas älterer Stämme (vgl. sub Abschnitt 4a), neben denen die Thätigkeit der Bildungsschicht wenig in's Auge fällt und die radiale Anordnung des Gewebes sich weniger deutlich sichtbar macht, zur falschen Beurtheilung der Sachlage gebracht haben.

Wenn er die Dickenwachsthumsunterschiede in Lamina und Stamm auf das geringere und reichlichere Vorhandensein von Hyphen zurückführt, nnd somit letztere dadurch, dass sie die Reihen im Füllgewebe auseinanderdrängen, als wesentliche Factoren für das Dickenwachsthum hinstellt, so entspricht auch diese Auffassung nicht den thatsächlichen Verhältnissen.

Durch den breiten Innenrindenmantel im Stamm, aus dessen Zellen ja die Hyphen entspringen, kann auf einen relativ kleinen Raum, wie ihn das runde Füllgewebe einnimmt, eine grössere Anzahl von Hyphen zusammengedrängt werden, als durch den schmalen Innenrindenkörper der

Lamina, in welch' letzterer die Hyphen in weiteren Entfernungen von einander im flachen Füllgewebskörper verlaufen.

Dieser Umstand ist es, nach meinem Dafürhalten, der Will zu dem Schluss geführt hat, dass die Hyphen durch ihre auseinanderdrängende Thätigkeit Einfluss auf das Dickenwachsthum ausüben.

Von einem secundären Dickenwachsthum, wie ich es im alten Stamm von *Thalassiophyllum* fand, kann bei *Macrocystis* keine Rede sein. Während dort die Zellen der Bildungsschicht absterben, und eine Meristemzone in der äusseren Rinde ein secundäres Dickenwachsthum einleitet, functionirt bei *Macrocystis* die oberflächlich gelegene Bildungsschicht, so lange der Stamm überhaupt in die Dicke wächst, ununterbrochen weiter.

4) Spätere Entwicklungsstadien des Stammes.

a) Aelterer Stamm, von 2 mm. Durchmesser, näher der Basis des Thallus.

Während im jungen Stamm der Unterschied zwischen äusserer und innerer Rinde sich durch die radiale Streckung der Zellen der ersteren und die auf dem Querschnitt hervortretende isodiametrische oder tangential gestreckte Form der kurzgliederigen spitzendenden Zellfäden der letzteren sehr deutlich bemerkbar machte, so ist in etwas älteren Stämmen auch noch eine Unterscheidung sehr gut möglich, jedoch tritt dieselbe nicht mehr so klar hervor, weil die äussere Rinde beim Uebergang in die innere sich nicht wie im jungen Stamm zu Zellen streckt, die sich hernach zu Fäden fächern, sondern sie erzeugt durch Theilwände nach allen Richtungen isodiametrische Zellen. Die Innenrindenzellen sind von gleicher Form und zeigen ebenfalls ausgiebige Theilungen.

Während also der innere Theil der Aussenrinde und der sich an letztere anschliessende Innenrindenmantel aus mehr oder minder isodiametrischen Zellen besteht, entgegen den Verhältnissen im jungen Stamm, hebt sich von diesem breiten Gürtel die dem Füllgewebe angrenzende schmale Zone der Innenrinde durch ihr auf dem Querschnitt kleiner und gewöhnlich mehr in tangentialer Richtung gestrecktes Lumen ab. Es sind dies die langgestreckten Zellfäden (Fig. 10), wie der Längsschnitt ergiebt, denen wir im jungen Stamm begegneten, und die dort unmittelbar aus der äusseren Rinde an der Grenze der inneren sich zu bilden begannen (Fig. 4*c*, 5). Waren im jungen Stamm Rinde und Füllgewebe einander fast an Durchmesser gleich, so ist letzteres hier von einer Rinde umgeben, welche zwei- bis dreimal so breit erscheint als das Füllgewebe.

Will nennt die breite Innenrindenzone »secundäres Rindenparenchym« und die an der Grenze des Füllgewebes liegenden Zellfäden »Verdickungsring«.

Dieses Stadium ist es, welches Will zu seinen falschen Schlüssen betreffs des Dickenwachsthums veranlasste (vgl. sub Abschnitt 3).

Im Füllgewebe sind die langgestreckten Zellen durch die verringerte Quellung der Membranen näher aneinander gerückt.

b) Alter Stamm, in dem sämmtliche Gewebe, mit Ausnahme der Bildungsschicht, ihre Theilungen eingestellt haben.

Die anatomische Untersuchung dieses Stadiums giebt bald darüber Aufschluss, dass die Theilungen hier auf die Bildungsschicht und die ihr direct anliegenden kleinen Zellen der äusseren Rinde beschränkt sind und nur noch in geringem Grade stattfinden, dass aber die andern Gewebe mehr oder weniger in den Dauerzustand übergingen und durch geringe Streckung und passive Dehnung dem beschränkten Wachsthum folgen.

Die Bildungsschicht hat dasselbe Aussehn wie im jungen Stamm und dem Vegetationspunkt.

Während die Zone der Innenrinde an Mächtigkeit bedeutend zugenommen hat, erscheint die Dicke der Aussenrinde kaum wesentlich vergrössert. Die Zellen der Innenrinde sind dort, wo sie sich an die äussere anschliessen, isodiametrisch, meist nicht gleichmässig rund, sondern polyëdrisch und zeigen ein sehr grosses Lumen. Vielfach liegen zwischen den grosslumigen Rindenzellen kleinere eingefügt. Nach dem Füllgewebe hin werden die Zellen kleiner und haben auf dem Querschnitt tangentiale Streckung; sie sind, wie in jungen Organen, in Reihen, die sich mit spitzen Enden in einanderkeilen, angeordnet, lassen jedoch nicht mehr die Quellung an den Längswänden und die kurzgliederige Beschaffenheit erkennen, sondern sind langgedehnt; sie geben an's Füllgewebe nichts mehr ab. Der plasmatische Inhalt, den die Zellfäden jüngerer Organe in sehr reichlichem Maasse führen, ist hier nur noch gering.

Der Querschnitt des Füllgewebes hat, dem Umriss des Stammes entsprechend, länglich ovale Form und tritt um das 6—8fache gegen die Breite der Rinde zurück.

Die Zunahme der Membranquellung hat fast vollständig aufgehört und die vertical verlaufenden Reihen von Zellen werden jetzt durch ein Gewirr von Hyphen von einander getrennt. Die cylindrischen langgestreckten Füllgewebszellen haben gegen die im jungen Stamm betrachteten ein weites Lumen, zeigen jedoch nicht mehr wie dort radiale Anordnung; dieselbe ist in Folge der Dehnung des Gewebes und der Einschiebung der Hyphen verloren gegangen. Vielfach sind die langgestreckten Zellen einzeln im Füllgewebe zerstreut, oft trifft man jedoch zwei bis vier unmittelbar an einander liegen.

Die Beschaffenheit der Füllgewebszellen wird in noch älteren Stadien, wie in dem unter Abschnitt 4a und hier beschriebenen, um so mehr siebröhrenartig als die Querwände und einzelne Stellen der Längswände ein Aussehn zeigen — entgegen den Verhältnissen im Füllgewebe jüngerer Thallustheile — welches an Siebplatten und Siebfelder erinnert. Die Querwände der die Siebröhren verbindenden Horizontalreihen weisen dieselbe Erscheinung auf.

Die bereits früher erwähnten callus- und schlauchkopfähnlichen Bildungen finden sich auch in diesen Stadien.

Im Plasma und an den Längswänden sind schliesslich stark lichtbrechende Krystalloïde sichtbar.

Meine Untersuchungen des alten Stammes stimmen im wesentlichen mit den Will'schen überein. Die streng radiale Anordnung der Füllgewebszellen konnte ich auf dem Querschnitt wohl in jungen Stammtheilen, wie angegeben, nachweisen; hier ist dieselbe jedoch nicht gewahrt geblieben.

5) Die Wurzel.

Die Wurzel von *Macrocystis* zeigt dieselben Gewebeformen wie Stamm und Blatt; man kann hier ebenfalls Bildungsschicht, Rinde und Füllgewebe unterscheiden.

Was die Wachsthumsweise der Wurzel von der des Stammes wesentlich unterscheidet, ist der terminal gelegene Vegetationspunkt, welcher die Wurzelspitze einnimmt.

Die Verzweigungen der Wurzel sind echte Dichotomirungen und kommen dadurch zu Stande, dass an einem Punkt der Wurzelspitze das Wachsthum sistirt wird, und die rechts und links gelegenen Partieen in einer Ebene in die Länge wachsen.

Eine Scheitelzelle konnte ich im Vegetationspunkt an meinen Präparaten nicht constatiren, glaube auch nach letzteren mit Sicherheit annehmen zu dürfen, dass eine solche nicht vorhanden ist, sondern dass die Aufgabe, für Zuwachs zu sorgen, lediglich der Bildungsschicht zukommt, wie in den übrigen Organen des Thallus. Mit absoluter Sicherheit konnte ich diese Frage nicht entscheiden, weil mein Alcoholmaterial überhaupt keine Wurzeln enthielt, und die aus den Herbariumsexemplaren stammenden in Folge der nicht ganz wegzubringenden Schrumpfung die Gewebe nicht in unversehrter, regelmässiger Anordnung zeigten.

Die Wurzelspitze besteht aus neben einander liegenden, mehr oder weniger parallel der Längsaxe orientirten Zellfäden, deren Scheitelzellen die oberflächlich gelegene Bildungsschicht bilden. In einiger Entfernung von der Spitze wandeln sich die Zellreihen, welche die Mitte des Gewebes einnehmen, in Füllgewebe um und zeigen längergestreckte Gestalt.

6) Zahnbildung am Rande der Blätter.

Oberhalb der Stelle des jungen Blattes, die sich zum Stiel abrundet, machen sich am Rande der Lamina die jugendlichen Zähne in ihrer dichten Reihenfolge zuerst bemerkbar.

Mit der Zunahme des Längenwachsthums rücken sie auseinander, sodass sie an älteren Blättern als spitze Gebilde in ziemlich weiten Abständen stehn.

Ihre Entstehung findet nach Art der Bildung von Emergenzen in der Weise statt, dass sich die Zellen der Bildungsschicht und der äusseren Rinde an dem Punkte, wo der Zahn später sichtbar wird, lebhafter theilen und strecken als an den anderen Theilen des Randes und dadurch im Verlauf des Wachsthums diese Gewebepartie über den Rand des Blattes hervortreten lassen.

7) Beschaffenheit der Membranen.

Die äusseren, vorgewölbten, Schichtung zeigenden Wände der Bildungsschichtzellen sind gleichmässig von einer dicken Membran überzogen, die von Reinke [1]) bei Laminaria als »Schleimcuticula« bezeichnet wird (Fig. 4 *s*). Dieselbe hat jedoch mit einer Cuticula nichts gemein, sondern ist vollständig, ohne Hinterlassung eines cuticularisirten Häutchens, in einer wässerigen Lösung von Chromsäure löslich; man thut daher wohl besser, für den Ausdruck »Schleimcuticula« die Nomenclatur äusserte oder oberflächlich gelegene Schleimmembran anzuwenden.

Die nach innen gelegenen Wände der Zellen der Bildungsschicht, sowie die Membranen der jüngeren Aussenrindenzellen besitzen relativ dünne Beschaffenheit; erst mit dem Uebergang in die Innenrinde nehmen die Wände an Dicke zu, sodass die Zelllumina nach der Mitte des Füllgewebes hin mehr und mehr auseinander gerückt erscheinen, wie ich es oben bereits angab.

Ueber die Natur der äussersten Schleimmembran, über die Ursache der zunehmenden Dicke der Zellwände in der Innenrinde, und der Auseinanderweichungen der Zellfäden giebt die Färbemethode mit einer wässerigen Lösung von Safranin die denkbar günstigsten Resultate.

Während die jungen Wände der Bildungsschicht und der äusseren Rinde — je nach dem Alter — mit rosa bis gelbrother Nüance auf Safranin reagiren, verhält sich die äusserste Schleimmembran gegen Safranin genau wie die dicken Wände der Innenrinde, und haben beide mit dem Inhalt der Schleimgänge dieselbe Reaction, indem sie sich braunroth färben.

Dieses gemeinsame Verhalten gegen Safranin ist der beste Beweis dafür, dass die oberflächlich gelegene Schleimmembran durch Quellung aus den äusseren Schichten der Bildungsschichtzellen hervorgegangen ist, und dass auch die grössere Dicke der Zellwände der Innenrinde zum grossen Theil auf Quellung von Cellulose zurückzuführen ist.

Dieselbe rothbraune Färbung zeigen auch in der Aussenrinde die Partieen, an denen mehrere Zellen mit ihren abgerundeten Ecken an einander stossen, wo die Mittellamelle, anstatt einen Intercellularraum zu

1) Reinke, Beiträge zur Kenntniss der Tange; Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Pringsheim, pag. 372.

bilden, der oberflächlich gelegenen Schleimmembran und den Innenrindenzellen gleich verändert ist.

Eigenthümlich ist die Erscheinung, dass sich die Zellwände in den äusseren Theilen der Innenrinde nicht an allen Stellen zu gleicher Zeit durch Quellung verändern.

Während manche Stellen schon braunrothe Färbung durch Safranin angenommen haben (Fig. 9 *c*, *d*), reagiren wieder andere von gleicher oder ungleicher Ausdehnung ebenso wie die Membranen der Aussenrinde, sie färben sich rosa bis gelbroth (Fig. 9 *a*, *b*).

Es führt mich dieser Umstand zu der Annahme, dass die Dichtigkeit in den Zellwänden nicht an allen Punkten übereinstimmend ist.

Auch das Auseinanderweichen der Zellfäden in den inneren Theilen der Innenrinde und im Füllgewebe ist auf Quellung der Mittellamelle zurückzuführen (Fig. 6 *t'*). Es ist hier aber eine Umwandlung der Membransubstanz damit verbunden, die von den bisher erwähnten Veränderungen der Zellwände vollständig verschieden ist.

Färbten sich die Wände der Innenrinde und der äussersten Schleimmembran braunroth, so sind hierin im Füllgewebe Aenderungen eingetreten, wie die verschiedene Reactionsfähigkeit gegen Safranin deutlich beweist. Die gequollene Mittellamelle färbt sich nämlich nicht, oder nur schwach rosa, und auch die Längswände der Füllgewebszellen haben die Eigenschaft eingebüsst, sich mit Safranin braunroth zu färben, sondern erscheinen gleich der gequollenen Mittellamelle farblos bis rosa.

Die einzigen Membranen, welche sich im Füllgewebe mit Safranin rothbraun färben, sind die Querwände der siebröhrenartigen Zellen. Dieselben nehmen jedoch nicht in ihrer ganzen Ausdehnung rothbraune Färbung an, sondern nur in den Theilen, welche den Längswänden angrenzen, während die Mitte hell bleibt (Fig. 8 *b*, 11). Auf dem Querschnitt durch eine junge Siebröhre zeigt ein dunkel gefärbter Ring zwischen sich eine helle Wandpartie eingeschlossen. Diese letztere findet sich schon in der dem Füllgewebe angrenzenden Innenrinde in der Mitte der Querwände, ist jedoch dort bedeutend zarter. Auf diese Verhältnisse komme ich übrigens bei Besprechung der Siebplattenentwickelung zurück.

Die Hyphen verhalten sich gegen Safranin genau wie die Füllgewebszellen.

Quellungsmittel, wie Glycerin, Wasser, Chlorzinkjod, Schwefelsäure geben hinsichtlich der Beschaffenheit der Zellwände Aufschlüsse, welche die oben geäusserte Annahme bezüglich der ungleichen Dichtigkeit der Membransubstanz bestätigen.

Vor Allem in jüngeren Zellwänden macht sich eine eigenthümliche Falten- und Lamellenbildung bemerkbar, die speciell bei längerer Einwirkung von Wasser hervortritt.

Glycerin, Chlorzinkjod und Schwefelsäure lassen in Wänden von Rindenzellen die Mittellamelle an einzelnen Punkten aufquellen (Fig. 12 *a*, *b*, *c*), sodass dadurch, zumal auf Schnitten durch älteres Rindengewebe scharfumschriebene, linsenförmige Verdickungen entstehn.

Die Eigenschaft, in dieser Weise auf Quellungsmittel zu reagiren, zeigen schon junge Wände; es ist also die Quellungsfähigkeit der Mittellamelle, wie sie am stärksten im Füllgewebe zur Geltung kommt, von vornherein schon vorhanden.

Die interessante Erscheinung, dass die Zellen der Innenrinde mit dem Uebergang in's Füllgewebe — theilweise schon die letzteren angrenzenden — spiralige Verdickungsleisten aufweisen, mag hier erwähnt sein (cf. Fig. 27). Es erinnert diese Structur der Zellwände lebhaft an die in ähnlichem Sinne verdickten Längswände der Gefässe höherer Pflanzen, und ist dieselbe zu characteristisch und streng regelmässig an allen Füllgewebszellen, als dass sie als Folge einer Quellung, die auf Einwirkung von Reagentien hätte stattfinden können, zu betrachten wäre. Diese Verdickungen sind übrigens nicht auf die vertical und quer verlaufenden Füllgewebszellen beschränkt, sondern finden sich ebenfalls an den Hyphen, an denen sie schon im Vegetationspunkt nachzuweisen sind. Sehr hübsch treten die Verdickungsleisten an den älteren siebröhrenartigen Füllgewebszellen nach Behandlung mit geeigneten Färbemitteln hervor, von denen Lösungen von Safranin oder Eosinsäure in Chloroform die besten Dienste thun.

Die von Will beschriebene Schichtung und Faltung in den Wänden der Siebröhren bei Zusatz von Quellungsmitteln hängt, meiner Ansicht nach, ausser mit der verschiedenen Dichtigkeit, noch mit dem Vorhandensein der spiraligen Verdickungen zusammen, die Will's Beobachtung entgingen.

8) Entstehung der Risse im Vegetationspunkt.

Früher erwähnte ich bereits, dass die Spalten im Vegetationspunkt mehr oder minder parallel oder unter spitzem Winkel zum Rücken gegen die Schneide hin verlaufen.

Die Anlage der Risse wird nun dadurch eingeleitet, dass von der vorderen und hinteren Fläche des Vegetationspunktes aus die äusseren Gewebe des letzteren in der Richtung des künftigen Risses oberflächlich gespalten werden.

Nach dem Auftreten dieser äusserlichen Risse machen sich sehr bald im Füllgewebe stärkere Quellungen sichtbar, die sich, wie der Querschnitt zeigt, radial vom Füllgewebe ausgehend, in die Rinde hinein fortsetzen und den von aussen her angelegten Rissen entgegen laufen. Während die Bildungsschicht- und Rindenzellen an den Spaltenrändern ihre Theilungen zu vermehren beginnen, bilden sich in den gequollenen Partieen der inneren Gewebe Hohlräume aus, welche schliesslich in die von aussen

her entstandenen Risse münden. Damit ist die Spaltung des Vegetationspunktes perfect geworden.

Die in lebhafter Theilung begriffenen Bildungsschicht- und Rindenzellen der Wundränder produciren nach Art der Kallusbildung an den Wundstellen höherer Pflanzen ein Gewebe, welches die Spaltungsränder verschliesst. Die Zellen des Füllgewebes verhalten sich dabei völlig passiv.

Dass nach Will's Mittheilungen die in der Quellung entstandenen Hohlräume bis an die »Hautschicht« — Bildungsschicht — reichen, und dass durch gesteigerte Theilung der letzteren »das Rindenparenchym« von beiden Seiten nach den entstandenen Hohlräumen gedrängt wird, ist nach meinen Untersuchungen nicht ganz zutreffend, sondern zuerst treten die Risse von aussen auf und in zweiter Linie findet erst Communication zwischen den Spalten und Hohlräumen statt. Den Wundverschluss besorgt nicht die »Hautschicht« allein, sondern derselbe wird von der Bildungsschicht, resp. den durch die Zerreissung freigelegten Zellen des äusseren Rindengewebes gemeinschaftlich bewerkstelligt.

9) Die Schleimbehälter und ihre Entstehung.

Schleimbehälter finden sich im ganzen Thallus von *Macrocystis*, in Stamm, Blatt und Wurzel, mit Ausnahme des Vegetationspunktes. Sie treten zuerst, wie bereits oben angedeutet, an der Stelle auf, wo der Vegetationspunkt nach unten in den jungen Stamm übergeht, unter Ausschluss der Seite, an welcher die Abtrennung des letzten Blattes erfolgte.

Die Schleimbehälter lassen sich, ihrer Entstehung nach, als primäre und secundäre Bildungen unterscheiden, die sämmtlich in der Rinde, wie im Füllgewebe der Organe verlaufen.

a) Die primären Bildungen durchziehn die Pflanze ausschliesslich in der Längsrichtung, und sind lange Gänge oder Röhren, die daher zweckmässig Schleimgänge oder Schleimröhren genannt werden können (Fig. 20 *s*). Auf dem Querschnitt haben sie, je nach dem Alter, elliptisches bis kreisrundes Lumen, liegen in Abhängigkeit vom Alter in verschieden grosser Entfernung von der Peripherie des Organes (Fig. 14 *s*, 15 *s*, 16 *s*), und sind in jüngerem Zustande von kleinen, durch reichlichen Plasmainhalt ausgezeichneten Zellen, die ich als Begrenzungszellen bezeichne (Fig. 15 *b*, 18 *b*), umgeben. Den alten Schleimgängen fehlen die letzteren.

b) Die secundären Bildungen lassen sich einerseits in secundäre Schleimnester, andererseits in secundäre Schleimgänge eintheilen.

α) Die secundären Schleimnester (Fig. 16 *s' s²*) sind Gebilde von der Form eines Schlauches; dieselben haben auf Quer- und Längsschnitt annähernd die gleiche Form und sind in derselben Weise von Begrenzungszellen umgeben (Fig. 16 *b*) wie die primären Schleimröhren. Man theilt diese secundären Nester am besten in zwei Kategorien ein, die einen liegen den primären Gängen dicht an (Fig. 16 *s' s²*) und stehn mit den-

selben in Verbindung, die anderen liegen ziemlich weit von den primären Gängen entfernt und treten nicht mit ihnen in Zusammenhang, wie es in den alten Stämmen vorkommt.

β) Die secundären Schleimgänge (Fig. 20 s'—s^4) finden sich nur in alten Thallustheilen. Sie verlaufen meist radial von den primären Schleimgängen bis zwischen die Bildungsschichtzellen, und sind von vornherein nicht, wie die secundären Schleimnester und jüngeren primären Gänge, von Begrenzungszellen umgeben.

Sämmtliche Schleimbehälter, mit Ausnahme der secundären Nester in der Innenrinde alter Stammorgane, können wieder unter einander in Verbindung treten und so das System mehr oder minder in Zusammenhang stehender Schleimbehälter bilden, welches nach innen zu durch die primären Gänge, denen einige secundäre Nester anliegen können, begrenzt wird (Fig. 20 s, 16).

Ich wies bereits früher darauf hin, dass der Inhalt der Schleimbehälter mit Safranin, Haematoxylin und Alauncarmin gleiche Reaction zeigt wie die gequollenen Zellwände der Innenrinde, woraus zu schliessen ist, dass der Inhalt aus desorganisirter Cellulose besteht. Auf Schnitten durch ältere Stammtheile, die reichlichen Inhalt führten, suchte ich nach geformten Elementen im Schleim und konnte auch die Anwesenheit von stark lichtbrechenden, grösseren und kleineren Krystalloïden, die sich mit Haematoxylin violett färbten und in Essigsäure unlöslich waren, feststellen. Auch waren Krystalle, dem rhomischen und quadratischen System angehörig, vorhanden; dieselben verhielten sich gegen Essigsäure wie die Krystalloïde.

Die Veränderungen der Lage, sowie die Grössenunterschiede der primären Schleimgänge in successive älteren Organen zeigen, dass die Gänge in den äussersten Gewebeparthieen angelegt werden, und dass die Schleimgänge unter Vergrösserung ihres Lumens nach und nach dadurch weiter nach innen rücken, dass die Bildungsschicht fortfährt an der Oberfläche der Organe neue Zellschichten zu erzeugen.

Da die primären Schleimgänge stets nur in der Rinde, niemals im Füllgewebe, verlaufen und in Stämmen beliebigen Alters immer in relativ grosser Entfernung vom Füllgewebe sich vorfinden, so lässt sich von vornherein beim ersten Auftreten der Schleimgänge constatiren, bis wie weit etwa die Umwandlung des Rindengewebes in Füllgewebe stattfinden wird, denn die Umwandlung der Rinde in Füllgewebe hört stets eher auf, als die Füllgewebebildung die Schleimgänge erreicht hat.

Aus dem Umstand, dass die in der Bildungsschicht angelegten primären Schleimgänge später tief im Stamm in der Innenrinde zu finden sind, ergiebt sich, dass alles Gewebe, soweit es ausserhalb der durch die primären Schleimgänge bezeichneten Zone liegt, aus dem Gewebe hervorgegangen

sein muss, welches bei der ersten Anlage der primären Gänge aussserhalb dieser lag: und das ist die oberflächliche Bildungsschicht.

Die primären Schleimgänge kommen nun in der Bildungsschicht, ähnlich wie die Secretbehälter schizogenen Ursprungs bei höheren Pflanzen, durch Auseinanderweichen benachbarter Längsreihen zu stande. Wenn zwei der letzteren unter Quellung der Mittellamelle im mittleren Abschnitt der trennenden Wand auseinandergedrängt sind (Fig. 14 *s*), so bildet sich in der Gallerte ein scharf umschriebener Hohlraum aus, der mit desorganisirter Cellulose erfüllt ist.

Die Zellen, welche den später weiter nach innen gerückten Schleimgang umgeben, sind Derivate der ursprünglichen Bildungsschichtzellen, zwischen denen der primäre Gang angelegt wurde; dieselben rückten in Folge des Auftretens tangentialer Wände in den äussersten Partieen der Bildungsschichtzellen zugleich mit dem Schleimgang nach innen und theilten sich der Erweiterung des letzteren entsprechend.

Dass die Begrenzungszellen den alten primären Schleimröhren fehlen, deutete ich bereits an; dieselben werden nach und nach, wie die Zellen bei Bildung der Oelbehälter höherer Pflanzen, resorbirt. Es dürfte das Vorhandensein der geformten Elemente im Schleim alter Gänge mit der Resorption der Grenzzellen in Zusammenhang zu bringen sein.

Was die secundären Bildungen betrifft, so findet die Entstehung der secundären Schleimnester, welche von vornherein dem primären Gange anliegen (Fig. 16 s_1 s_2), in der Weise statt, dass sich eine der dem letzteren angrenzenden Zellen durch Scheidewände theilt (Fig. 17, 1). Die Tochterzellen treten an einem oder verschiedenen Punkten durch Quellung der Mittellamelle auseinander und werden ebenso wie in der Bildungsschicht nach Entstehung eines schleimerfüllten Hohlraumes (Fig. 18, 2; 19, 3) bei Seite gedrängt. Es ist auf diese Weise ein secundäres Schleimnest entstanden, welches, wie die primären Gänge in jüngeren Organen, von Begrenzungszellen umgeben ist. Die letzteren können durch Theilung und Auseinanderweichen weitere Schleimnester erzeugen.

Die secundären Schleimnester der zweiten Kategorie, wie sie in der Innenrinde alter Stämme vorkommen, und die nicht mit den primären Schleimgängen in Verbindung treten, entstehn aus Rindenzellen, die jenseits der Grenzzellen liegen, in derselben Weise wie ich es für die dem primären Gange angrenzenden Schleimnester beschrieb.

Die secundären Schleimgänge, die meist in radialer Richtung gegen die Bildungsschicht verlaufen, bilden sich durch Verschleimung der Mittellamelle der benachbarten Gewebe (Fig 20 s_1—s_4). Auf gleiche Art kommt die Verbindung zwischen sämmtlichen überhaupt in Zusammenhang stehenden Schleimbehältern zu stande.

Will giebt die Entwicklungsgeschichte der Schleimbehälter nicht in Zusammenhang und macht nicht den Unterschied in primäre und secun-

däre Schleimbehälter, sondern spricht von »Schleimgängen und kurzen Abzweigungen, welche sich in Gruppen kleiner plasmahaltiger Zellen, Secretionszellen, fortsetzen«. Die Will'schen »Schleimgänge« und »kurzen Abzweigungen« sind identisch mit den von mir als primäre Schleimgänge beziehungsweise secundäre Schleimnester bezeichneten Gebilden.

Bei Besprechung des alten Stammes erwähnt Will die radial gegen die Bildungsschicht verlaufenden Gänge zwar, unterscheidet dieselben jedoch nicht von den übrigen Behältern als secundäre Schleimgänge.

Die Will'schen »Secretionszellen« sind gleichbedeutend mit meinen Grenzzellen.

10) Die Anordnung der Tüpfel.

Durch Entfernung des Plasma aus den Zellen und Färbung der Wände mit Haematoxylin gelang es mir, die characteristische Vertheilung der Tüpfel in den Rindenzellen von *Macrocystis* nachzuweisen. Die Tüpfelschliesshäute heben sich deutlich gegen die dunkelen Zellwandflächen als helle ungefärbte Fleckchen ab, die auf Quer- und Längsschnitten durch das Gewebe auf jeder Zellwand kreisförmig angeordnet erscheinen, sodass nach allen Richtungen hin im Gewebe Tüpfelverbindungen vorhanden sind (Fig. 21—23).

Meist weist die Scheidewand zwischen zwei Zellen 6—10 Tüpfel auf, es können jedoch auch weniger, äusserst selten mehr sein. Die Tüpfel lassen sich an günstigen Präparaten schon in den Zellen der Bildungsschicht erkennen und sind in der kreisförmigen Lagerung bei der geeigneten Behandlungsweise mit Eau de Javelle und Haematoxylin durch das ganze Rindengewebe bis zum Füllgewebe leicht zu verfolgen.

Beim Uebergang der Rindenzellen in's Füllgewebe treten mit den Tüpfeln zum Theil Veränderungen ein, auf die unten weiter eingegangen werden wird, zum Theil bleiben sie — zumal an den Längswänden der Füllgewebszellen — unverändert erhalten, jedoch geht hier durch die Längsstreckung der Zellen die characteristishe Anordnung, wie sie die Rindenzellen zeigen, verloren.

11) Entwickelung der Siebröhren.

Mit dem Uebergang der Innenrindenzellen in's Füllgewebe hören in denselben die Theilungen auf (Fig. 7), und die Füllgewebszellen folgen dem äusserst starken Längenwachsthum der Organe durch Streckung, ohne sich zu theilen.

Diese Streckung nimmt von der Grenze der inneren Rinde bis in's Füllgewebe hinein successive zu, wie sich auf Längsschnitten sehr klar und übersichtlich verfolgen lässt, sodass die ältesten, am weitesten nach innen gelegenen Füllgewebszellen die längsten sind.

Diese innersten Zellen des Füllgewebes zeigen am deutlichsten den Typus der sogenannten Siebröhren Will's ausgeprägt. Je weiter man

nach aussen geht, um so kürzer sind die Siebröhren, und um so weniger ausgebildet ist der Siebröhrencharakter, denn in dem Maasse wie die Zellen der Innenrinde allmälich zu den Füllgewebszellen werden, so nehmen die letzteren dann weiter nach innen unter fortschreitender Streckung den Character der sogenannten Siebröhren an (Fig. 7 + 8).

Auf das Vorhandensein dieser Siebröhren bei *Macrocystis* hat Will bereits hingewiesen; er ist jedoch erst bei Untersuchung des alten Stammes darauf aufmerksam geworden und hat keine Rücksicht auf die Entwicklung genommen. Die in jüngeren Thallustheilen befindlichen siebröhrenartigen Füllgewebszellen sind aber, wenn sie auch noch auf niedriger Ausbildungsstufe stehen, vollkommen identisch mit den im älteren Stamm vorkommenden, von Will als Siebröhren hervorgehobenen Zellen. Den Namen hat Will ihnen gegeben wegen der siebartigen Skulptur ihrer Querwände.

12) Entwickelung der Siebplatte.

Nach Entfernung des Plasma aus den Zellen mit Eau de Javelle und Dunkelfärbung der Wände durch Haematoxylin waren die Hauptschwierigkeiten, die sich dem Nachweis der Siebplattenentwickelung entgegenstellten, gehoben, und zeigten günstige Präparate zweifellos, dass die Siebplatte aus den Tüpfeln der Innenrinde beim Uebergang letzterer in's Füllgewebe gebildet wird.

Während die Tüpfel in den Zellen der inneren Rinde noch zu einem weiteren Kreise angeordnet sind (Fig. 22), liegen dieselben an der Grenze des Füllgewebes sehr dicht aneinander (Fig. 23), so dass es den Anschein gewinnt, als ob sie in den äusseren Theilen des Stammes ursprünglich durch stärkere Turgescenz der Zellen weiter auseinander gerückt worden wären.

Dann wird der Umriss der einzelnen Tüpfel an ihrem Innenrande dadurch undeutlich, dass die oberflächlichen Partieen des zwischen den Tüpfeln liegenden Membrantheiles resorbirt werden und zuletzt fliesst der ursprüngliche Kreis von Tüpfeln zu einem einzigen grossen Tüpfel zusammen (Fig. 24). Diese zeitweilige ganz dünne Membran wird zur Siebplatte.

Unmittelbar nach der Verschmelzung der getrennten Tüpfel stellt sich die Querwand dar als ein an die Längswand angrenzender, durch Haematoxylin oder Safranin sich dunkel färbender Ring, zwischen dem eine ungefärbt gebliebene Lamelle, die junge Siebplatte, diaphragmaartig ausgespannt ist (Fig. 11). Mit dem Alter verdickt sich die junge Siebplatte mehr und mehr und weist deutlich eine Mittellamelle auf.

Während die Platten junger Siebröhren sich durch Corallin und Safranin nicht verändern, zeigen die Siebplatten sehr alter Röhren auf dem Querschnitt nach Einwirkung genannter Farbstoffe ihre Oberfläche

mehr oder minder roth gefärbt. Es folgt daraus, dass sich die Siebplatte mit einem nach und nach dicker werdenden Ueberzuge von callusartiger Substanz bedeckt, welcher an mancher alten Platte so beträchtliche Dicke erreicht, dass er der Siebplatte wie ein Polster aufliegt und durch sein starkes Lichtbrechungsvermögen, sowie durch die Eigenschaft, sich durch Corallin und Safranin sehr intensiv zu färben, sofort in's Auge fällt.

Bleiben die jüngeren Siebplatten auf dem Längsschnitt nach Behandlung mit Safranin farblos, so nehmen dieselben im Alter einen schwach rosarothen Ton an.

Structurverschiedenheiten innerhalb der ganz jungen Platten (Fig. 11 *s*) konnte ich trotz vorzüglichster Färbemethode, sehr dünner Schnitte und äusserst starker Vergrösserung — Oelimmersion, Zeiss — nicht nachweisen.

Da an Platten älterer Organe eine siebartige Zeichnung vorhanden ist, und ich an ganz alten Siebröhren thatsächlich eine Perforation der Platte gesehen habe, wie ich vorgreifend bemerke, so muss ich entweder annehmen, dass sich von vornherein in den zur Siebplatte verschmolzenen primären Tüpfelschliesshäuten der Rinde Poren befinden, welche über die Grenze des Sichtbaren hinausgehn, oder aber, dass nachträglich erst nach Verschmelzung der Tüpfel in der ganzen Siebplatte diese Poren nach Art der Siebplatten der Angiospermen entstehn, und sich gleichfalls bis zu einem gewissen Alter dem Blick entziehen.

Gegen die erste Annahme, dass von Anfang an in den Schliesshäuten der primären Tüpfel Poren vorhanden sein könnten, spricht der Umstand, dass in den alten Siebplatten die grösseren Löcher sich in der Mitte befinden (Fig. 13) — also an einer Stelle, wo ursprünglich gar kein Tüpfel gelegen hat — es müsste denn sein, dass die kleineren, in den Tüpfelschliessmembranen vorhandenen in der Entwickelung gegen die in der Mitte der jungen Siebplatte angelegten Tüpfel zurückblieben.

Mir scheint diese Annahme wenig Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, ich möchte vielmehr glauben, dass in der jungen Siebplatte die Anlage aller Poren von der Mitte aus nach dem Rande fortschreitend nachträglich erfolgt.

Der Nachweis von durchgehenden Plasmasträngen hatte grosse Schwierigkeiten, da der Zellinhalt bei dem Alcoholmaterial sehr contrahirt war, und die Möglichkeit nahe lag, dass sich die zarten Stränge aus den Siebplatten bei den vielen mit den Schnitten angestellten Manipulationen zurückgezogen haben könnten.

Nachdem Versuche, die Cellulose mit Schwefelsäure zu entfernen und hernach die Plasmastränge mit Jod, Safranin oder Haematoxylin zu färben, zu einem negativen Resultat geführt hatten, und da die von Hick[1]) an-

1) Hick, Protoplasmatic continuity in the Fucaceae. Journal of Bot. XXIII. pag. 97—102, 354 357.

gegebenen Doppelfärbungen und Quellungsmethoden ebenfalls ohne Erfolg verliefen, so versuchte ich, das Material von vornherein mit einer sehr concentrirten Lösung von Safranin in Wasser zu färben, und war dies die einzige Methode, welche mich zum positiven Resultat führte.

Nur einige wenige Präparate von *Macrocystis*, Schnitte von $^1/_{400}$ mm Dicke, zeigten durch die alte, schwach rosa gefärbte Siebplatte ununterbrochene Stränge von dunkelerer Nüance hindurchgehn.

Ich bin sicher der Ansicht, dass keine trennende Mittellamelle zwischen den Strängen des Protoplasma sich befand, und wurde mir durch zwei Zeugen Bestätigung meiner Ansicht zu Theil.

13) Vergleich der Siebröhren von *Macrocystis* mit denen höherer Pflanzen.

Ausser der durch den äusseren Habitus und dem Vorkommen von Callus und Schlauchköpfen bedingten Aehnlichkeit zwischen den Siebröhren von *Macrocystis* und denen höherer Pflanzen, bietet sich in der Entwickelung der Siebplatte eine weitere Verwandtschaft.

Fischer[1]) und Russow haben in der jungen Siebplatte höherer Pflanzen bereits »seichte Tüpfelungen« bemerkt, die sich mit dem Alter vergrössern und durchbrochen werden. *Macrocystis* zeigt, wie wir gesehen haben, in jungen Platten noch keine sichtbaren Structurverschiedenheiten, dieselben treten erst in älteren Stadien auf; es finden sich hier, ebenso wie in den Siebplatten höherer Pflanzen, Tüpfel, die schliesslich unter Resorption der trennenden Mittellamellen mit einander in offene Communication treten.

Ob bei *Macrocystis* auch Obliteration der Siebröhren stattfindet und sich auch darin Uebereinstimmung mit den Siebröhren höherer Pflanzen geltend macht, kann ich nicht mit Sicherheit angeben, da mir kein lebendes Material zur Verfügung stand. Aus dem Vorkommen krystalloïdähnlicher Schleimkörper im Plasma oder an den Längswänden alter Siebröhren, aus dem Auftreten von stark lichtbrechenden, homogenen Schleimfäden, welch' letztere die langen Füllgewebszellen in ihrer ganzen Ausdehnung durchziehn, sowie aus dem Vorhandensein von dicken Calluspolstern an den Siebplatten alter Röhren lässt sich allerdings schliessen, dass auch bei *Macrocystis,* wie bei den gleiche Erscheinungen zeigenden Siebröhren höherer Pflanzen, Obliteration stattfindet. Es spricht jedoch auf der anderen Seite die Thatsache dagegen, dass Schlauchköpfe, die nach Fischer das Kriterium für eine active Siebröhre bilden, bei *Macrocystis* erst in den älteren, Obliterationserscheinungen zeigenden Siebröhren auftreten.

---

1) A. Fischer, Neue Beiträge zur Kenntniss der Siebröhren. Berichte über die Verhandlungen der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Math.-phys. Klasse. 38. Band. pag. 307 ff.

Wesentliche Unterschiede zwischen den Siebröhren von *Macrocystis* und denen höherer Pflanzen sind in der Entwickelung und dem Fehlen oder Vorhandensein des Zellkerns und der spiraligen Verdickungen zu suchen.

Während bekanntlich die Entwickelung der Siebröhren bei den höheren Pflanzen mit Abgliederung von Geleitzellen verbunden ist, verwandelt sich bei *Macrocystis* die junge Füllgewebszelle durch Streckung direct in eine Siebröhre, ohne vorhergehende Abscheidung besonderer Zellen, die man als Geleitzellen auffassen dürfte.

Jede Siebröhre von *Macrocystis* weist einen Zellkern auf, wohingegen die Röhren höherer Pflanzen keinen Kern besitzen.

Endlich zeigen die sogenannten Siebröhren von *Macrocystis* spiralige Verdickungen, und das ist eine Skulptur der Membranen, wie dieselbe niemals an den Längswänden der Siebröhren höherer Pflanzen auftritt.

14) Bildung der Schwimmblasen.

An dem jungen Blattstiel macht sich die Umgestaltung zur Schwimmblase schon äusserlich durch eine Anschwellung bemerkbar. Im Inneren des Füllgewebes ist stärkere Quellung der Intercellularsubstanz eingetreten, dieselbe lässt in älteren Stadien Hohlräume erkennen, welche in noch älteren Stielen mit einander durch die Gallerte in Verbindung treten und so einen zusammenhängenden Hohlraum bilden, welcher das Füllgewebe bei Seite drängt, und in den Reste des letzteren hineinragen. Die Gewebe in den Wandungen der Schwimmblase sind genau dieselben wie im darunter befindlichen Stiel und im jungen Stamm. Die innere Rinde giebt ebenso wie dort an's Füllgewebe so lange neue Elemente ab, als dieselbe überhaupt noch in Theilung begriffen ist.

Das Füllgewebe wird nach und nach von innen nach aussen resorbirt, sodass in einer älteren Schwimmblase, deren Wand den gleichen anatomischen Bau wie der unter Abschnitt *4b* beschriebene alte Stamm bis zum Füllgewebe zeigt, von letzterer Gewebeform nicht mehr die Rede sein kann, sondern es grenzen die englumigen gestreckten Zellen der inneren Rinde direct an den Hohlraum.

Wenn N. Wille [1]) das Vorhandensein des Füllgewebes, welches von ihm ohne die nothwendige Unterscheidung in Vertical-, Querreihen und Hyphen unrichtig als einheitliches »Siebhyphengewebe« bezeichnet wird, ausschliesslich als der Leitung in verticaler Richtung dienend annimmt, weil die Rindenzellen nur an ihren tangentialen Wänden »Poren« besitzen und daher nur in radialer Richtung leiten können, so ruht diese Anschauung auf falscher Grundlage.

Abgesehn davon, dass die Rindenzellen in Folge der Tüpfelvertheilung am ganzen Umfang fähig sind, Diffusion nach allen Richtungen zu ge-

1) N. Wille, Bidrag til Algernes physiologiske Anatomi.

statten, ist durch das vollständige Zugrundegehn des Füllgewebes in den Schwimmblasen der beste Beweis gegeben, dass nicht ein besonderes Leitungsgewebe — in diesem Fall das Füllgewebe — da zu sein braucht, dass wenigstens demselben nicht die grosse Bedeutung hinsichtlich der Leitung von Nährstoffen beizulegen ist, wie es N. Wille thut.

Bezüglich des Inhalts der Schwimmblasen an Gasen kann ich keine sicheren Angaben machen, da ich nur mit todtem Material arbeitete und die bisher von Rosanoff und N. Wille[1]) angegebenen Resultate absolut keine Uebereinstimmung zeigen. Rosanoff fand in der Blase von *Fucus* Stickstoff, während in denen, welche N. Wille von *Ozothallia* und *Fucus* im chemischen Laboratorium zu Stockholm untersuchen liess, Sauerstoff nachgewiesen ist.

15) Anatomische Vergleichung von *Macrocystis* mit anderen Laminariaceen und einigen Fucaceen.

Als ich zum Zweck des Constatirens der Plasmaverbindungen bei *Macrocystis* noch andere Melanophyceen aus den Gruppen der Laminariaceen und Fucaceen untersuchte, — worüber ich hernach in einem besonderen Abschnitt berichte — zeigte sich, dass sich trotz der Uebereinstimmung in der Lage der verschiedenen Gewebeschichten constante Unterschiede im Membranbau zwischen den Laminariaceen einerseits und den Fucaceen andererseits constatiren lassen.

Die untersuchten Laminariaceen sind: *Alaria esculenta*, *Laminaria saccharina*, *Thalassiophyllum Clathrus* und im Anschluss an dieselben *Chorda filum*.

Aus der Familie der Fucaceen lagen mir vor: *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum* und *Halidrys siliquosa*.

Für alle hier kurz zu betrachtenden Melanophyceen gilt, wie bei *Macrocystis*, die Unterscheidung der drei Gewebearten: Bildungsschicht, Rinde und Füllgewebe.

Die Bildungsschicht liegt zu äusserst und erzeugt die Rinde; aus letzterer geht die centrale Schicht, das Füllgewebe, hervor, den Verhältnissen bei *Macrocystis* entsprechend.

Wenn auch im Prinzip der Uebergang der Innenrindenzellen in's Füllgewebe bei allen untersuchten Melanophyceen gleich ist, so nimmt *Macrocystis* doch insofern eine Sonderstellung ein, als in der inneren Rinde von *Macrocystis* so ausgiebige Theilungen stattfinden, wie sie keine andere der oben erwähnten *Melanophyceen* aufzuweisen hat. Ich möchte das darauf zurückführen, dass *Macrocystis* ein bedeutend stärkeres Längenwachsthum zeigt als die übrigen braunen Algen.

---

1) N. Wille, Ueber die Blasen der Fucaceen.

Fächerte sich bei *Macrocystis* eine tangential gestreckte Innenrindenzelle durch zahlreiche horizontale Scheidewände zu einem Faden, dessen Endzellen spitz erscheinen, so habe ich bei *Ascophyllum* (Fig. 26*f*) und *Fucus* (Fig. 29), die ich speciell darauf untersuchte, wohl auch Streckung und prosenchymatische Zuspitzung von Innenrindenzellen unter Anlage von wenigen horizontalen Wänden bemerkt, eine so lebhafte Theilung, wie bei *Macrocystis*, habe ich jedoch bei keiner der anderen Melanophyceen nachweisen können.

Die lange Streckung der Siebröhren im Füllgewebe von *Macrocystis*, deren die Siebröhren der übrigen untersuchten braunen Algen entbehren, ist ebenfalls, wie die erwähnte lebhafte Theilung in der Innenrinde auf das energischere Längenwachsthum von *Macrocystis* zurückzuführen.

Die Füllgewebszellen sind unter einander durch Querreihen verbunden, deren Entstehung die gleiche ist, wie ich sie bei *Macrocystis* beschrieb. Hyphenfäden durchziehn das Füllgewebe sämmtlicher Melanophyceen nach allen Richtungen.

Die Beschaffenheit der Membranen ist im wesentlichen dieselbe, wie sie *Macrocystis* zeigt, und verhalten sich die Zellwände aller untersuchten Melanophyceen gegen die bei *Macrocystis* gebrauchten Farbstoffe in übereinstimmender Weise. Die Bildungsschichtzellen sind bei sämmtlichen von der oberflächlich gelegenen Schleimmembran überzogen. Die Wände der Rindenzellen nehmen nach dem Füllgewebe hin successive an Dicke zu, und tritt auch an der Grenze des Füllgewebes bedeutende Quellung der Intercellularsubstanz ein, die gegen die Mitte des Organes stärker wird, sodass bei allen Melanophyceen die Füllgewebszellen gleichsam einer homogenen Masse eingebettet erscheinen. Die verschiedene Dichtigkeit, wie sie bei *Macrocystis* nach Anwendung von Quellungsmitteln hervortritt, war bei den meisten darauf hin untersuchten braunen Algen ebenfalls vorhanden.

Während sich in der Lagerung der Gewebeschichten, dem Uebergang der Innenrindenzellen in's Füllgewebe und in der Beschaffenheit der Membranen im grossen und ganzen Uebereinstimmung zwischen *Macrocystis* und den übrigen Melanophyceen zeigte, so treten in der Anordnung der Tüpfel in den Rindenzellen, der Entstehung der Siebplatte, sowie dem Vorkommen der spiraligen Verdickungen zwischen den Laminariaceen incl. Chorda einerseits und den Fucaceen andererseits interessante Unterscheidungsmerkmale auf, welche für die Zusammengehörigkeit der einzelnen Gattungen zu Familien nicht ganz ohne Bedeutung sein dürften.

Sind bei *Macrocystis* die Tüpfel auf Quer- und Längsschnitt kreisförmig orientirt, so trifft dies ebenfalls für die nahe verwandten Laminariaceen mit Einschluss von Chorda zu, während man bei den Fucaceen auf Quer- und Längsschnitt nur einen Tüpfel findet (Fig. 25 *t*, 26 *t*). Es ist demnach auch die Siebplattenentwickelung bei beiden Familien eine

verschiedene. Sie stimmt bei *Alaria* mit *Macrocystis* überein und wird wohl auch bei *Laminaria*, *Thalassiophyllum* und *Chorda* eine gleiche sein, wie bei derselben Anordnung der Tüpfel zu erwarten ist.

Bei den Fucaceen jedoch geht die Siebplatte nicht aus mehreren Tüpfeln hervor, wie bei den Laminariaceen, sondern nur aus einem. Derselbe wird von der Bildungsschicht nach dem Füllgewebe zu grösser und stellt beim Uebergang in letzteres die junge Siebplatte dar (Fig. 25*s*, 26*s*). Die weitere Ausbildung der Platte im Füllgewebe stimmt im wesentlichen mit derjenigen bei *Macrocystis* überein; ich muss auf diesen Punkt bei Besprechung des Plasmazusammenhangs in anderen Melanophyceen noch zurückkommen.

Die spiraligen Verdickungen an den Längswänden der Siebröhren und Hyphen, deren ich bei *Macrocystis* Erwähnung that, fand ich zuerst bei *Laminaria* (Fig. 27). Nachdem ich dieselben bei *Macrocystis* ebenfalls nachgewiesen, suchte ich das Vorkommen noch bei den anderen Laminariaceen festzustellen, was mir auch gelang. Die Verdickungsleisten treten bei sämmtlichen untersuchten Laminariaceen und bei Chorda in der Innenrinde an der Grenze des Füllgewebes zuerst auf.

Die Uebereinstimmungen, die Chorda in der Anordnung der Tüpfel und dem Vorhandensein der spiraligen Verdickungen mit den Laminariaceen zeigt, dürften für die noch fragliche Zusammengehörigkeit beider von Wichtigkeit sein.

Es erschien mir von Interesse, die Anwesenheit der spiraligen Verdickungen auch bei den Fucaceen zu constatiren, jedoch war es mir nicht möglich, bei dieser Familie in Füllgewebszellen und Hyphen irgend welche Verdickungen nachzuweisen, und sind also letztere nur den Laminariaceen eigen.

16) Plasmaverbindungen in anderen Melanophyceen.

Die Schwierigkeiten, mit denen ich anfangs bei dem Nachweis von durchgehenden Plasmasträngen durch die Siebplatte von *Macrocystis* zu kämpfen hatte, veranlassten mich, andere Melanophyceen in den Bereich der Untersuchungen zu ziehn, in der Hoffnung, bei diesen eher zum Ziel zu gelangen, und nahm ich daher *Laminaria*, *Thalassiophyllum*, *Fucus* und *Ascophyllum* in Arbeit.

Da sich aber bald herausstellte, dass ich bei diesen Untersuchungsobjecten noch weniger zum Resultat kam, kehrte ich zu *Macrocystis* zurück, und gelang es mir ja auch, in den Siebplatten Plasmaverbindungen mit Sicherheit zu constatiren.

In Folge der vergeblichen Bemühungen, auch bei anderen Melanophyceen Zusammenhang des Protoplasma nachzuweisen, bin ich zu der Annahme gedrängt, dass die Perforationen bei allen übrigen bedeutend winziger sind als bei *Macrocystis* und sich auch mit den besten Hilfsmitteln nicht sicher feststellen lassen.

Hick [1]) will, wie bei den Florideen, so auch bei den Melanophyceen Continuität des Plasma constatirt haben, und zwar im ganzen Gewebe mit Ausnahme der Bildungsschicht. Die von ihm untersuchten Algen sind: *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum*, *Himanthalea lorea* und *Laminaria digitata*.

Ich habe bei *Fucus*, *Ascophyllum*, *Laminaria* und *Thalassiophyllum*, wie erwähnt, gesucht, konnte aber nicht zu demselben Schluss kommen, und möchte ich Hick's Resultate sehr in Frage stellen; mir scheint, als hätte Hick überall da, wo Tüpfel sind, von vornherein durchgehende Plasmastränge angenommen, ohne auf das Vorhandensein einer Schliesshaut Rücksicht zu nehmen.

Bei der Grösse der Tüpfel in der Rinde von *Ascophyllum* und *Fucus* (Fig. 26 *t*, 25 *t*) durfte es, wenn überhaupt möglich, nicht schwer fallen, die Schliesshaut durchziehende Stränge zu sehn, es ist mir aber in keinem Fall gelungen, ebensowenig wie bei *Laminaria*, *Macrocystis* und *Thalassiophyllum*.

In den langgestreckten, siebröhrenähnlichen Füllgewebszellen hatte es ja den Anschein, als wären Verbindungen da; dieselben aber mit Sicherheit nachzuweisen, wie bei *Macrocystis*, dazu war ich ausser Stande.

Die von Hick beobachtete vierfache Art des Plasmazusammenhangs beruht ebenfalls auf falschen Deutungen. Hicks »weiter offener Porus«, welcher von einem »Verdickungsring« umgeben ist, stellt meiner Ansicht nach nichts Anderes vor, als die stark lichtbrechende, gegen Farbstoff indifferente junge Siebplatte, die Hick wahrscheinlich in Folge ihrer zu starken Quellung übersehn hat (Fig. 28 *c*).

Wenn er in dem, in anderen Fällen beobachteten, in den Ring (Fig. 11 *r*) gespannten Diaphragma drei verschiedene Durchbohrungsformen gefunden haben will, nämlich erstens »ein feines rundes Loch«, zweitens »einen schmalen Spalt« und endlich »viele Löcher«, wie in der alten Siebplatte, so sind auch die beiden ersten Beobachtungen aus unrichtig gedeuteten Präparaten hervorgegangen.

Schnitte, die parallel der Längswand einer Füllgewebszelle durch den Ring und einen Theil der Siebplatte geführt werden, können je nach der Region, wo das Messer Ring und Siebplatte trifft, zu der Auffassung führen, dass die beiden auf dem Präparat sichtbaren dicken Zapfen des Ringes die Siebplatte darstellen, und dass die dünnen Stellen zwischen den Zapfen spalt- oder lochartige Perforationen sind (Fig. 28 *a*, *b*).

Mit Safranin, in Wasser gelöst, gefärbte Präparate, die den Ring braunroth, die zarte Siebplatte aber ungefärbt zeigen, könnten bei Anwendung von Quellungsmitteln zu dergleichen Missverständnissen Anlass geben.

1) Hick, Protoplasmatic continuity in the Fucaceae. J. of B. XXIII. pag. 97—102, 354—357.

Die Hick'sche Ansicht, dass wirklicher Abschluss der benachbarten Zellen nur nach dem Absterben derselben einzutreten scheint, kann ich aus dem Grunde nicht theilen, weil doch in den ältesten Zellen des Füllgewebes die Tüpfel resp. Perforationen erst recht deutlich hervortreten. Hick gründet wahrscheinlich seine Anschauung darauf, dass er »den weiten Porus« für das Anfangsstadium und die »loch- und spaltenförmigen Perforationen« für den Uebergang zur siebplattenartigen Querwand hält, deren vollständige Schliessung nach seiner Meinung mit dem Tode eintritt.

Thalassiophyllum Clathrus.

1) Aeussere Gestaltung.

Wie bei *Macrocystis*, so kann man in gleichem Sinne auch bei *Thalassiophyllum* von einer Gliederung in Stamm und Blatt reden.

Der Thallus von *Thalassiophyllum* stellt ein Gebilde vor, welches im Alter reiche Verzweigung aufweist, und dessen Hauptstamm und Seitenäste an ihrer Spitze in eine durchlöcherte Lamina von nierenförmigem Umriss übergehn (Fig. 30).

Betrachten wir einen einzelnen Spross, so sehen wir, dass die Lamina, in die er ausgeht, an dem einen Rande dütenartig eingerollt ist; Figur 30 *r* zeigt diesen Rand nach der Auseinanderrollung. Nach unten hin setzt sich derselbe in den Stamm fort (Fig. 30 *s*), sodass der Punkt *x* in seiner natürlichen Lage in der Verlängerung der Richtung des Stammes liegt. Die andere Seite der Lamina geht allmälich zu Grunde und ihre Reste bleiben als eine den Stamm spiralig umlaufende Narbe übrig.

In dem eingerollten Seitenrand liegt der Vegetationspunkt (Fig. 30 *v*).

Wie bei *Macrocystis* der den Vegetationspunkt tragende Rand dem Rücken, der entsprechende andere der Schneide eines Messers vergleichbar ist, so kann man auch bei *Thalassiophyllum* denselben Vergleich anwenden und den Rand *r*, bis zum Punkt *x* in der Figur 30, mit dem Vegetationspunkt als Rücken, den gesammten übrigen Rand der Lamina als Schneide bezeichnen.

Die Bildung der Löcher findet im Vegetationspunkt in einiger Entfernung vom Rücken statt. Die Löcher sind dort so klein, dass man sie mit blossem Auge nur schwer wahrnehmen kann. Nach der Schneide hin wächst das Lumen, und ändert sich auch die Form von der kreisrunden bis zur länglich-ovalen (Fig. 30). Während die Löcher in der Nähe des Rückens so dicht bei einander liegen, dass eine Anordnung in Reihen nicht zu constatiren ist, so orientieren sie sich, je näher man der Scheide kommt, um so deutlicher in Längsreihen, die mit dem Thallusrücken einen spitzen Winkel bilden und gegen die Schneide strahlenartig divergiren.

Die Ränder jüngerer Löcher sind nach aussen zurückgeklappt (Fig. 33 *u* 34 *u*). Diese Umklappungen gleichen sich mit dem Alter immer mehr aus, sodass die Ränder alter Löcher flach sind und mit beiden Flächen der Lamina in einer Ebene liegen.

In den Grössenunterschieden der Löcher des eingerollten Randes ist uns ein Mittel gegeben, zu bestimmen, wo der eigentliche Vegetationspunkt gelegen ist. Es stellt sich heraus, dass die Erstreckung desselben wie bei *Macrocystis*, nicht scharfe Begrenzung zeigt.

Ebenso entspricht die Lage des Vegetationspunktes bei *Thalassiophyllum* genau der von *Macrocystis*. Bei beiden Laminariaceen ist der Vegetationspunkt am Rande gelegen; bei *Thalassiophyllum* wird er seitlich einerseits vom Rücken, andererseits von der jüngsten Lochreihe begrenzt, bei *Macrocystis* durch den Rücken und den jüngsten Riss.

Die Gewebe des Vegetationspunktes gehn bei *Thalassiophyllum* wie bei *Macrocystis* nach oben in die Gewebe der Lamina, nach unten in die des Stammes über, und liegt dem Vegetationspunkt bei beiden Laminariaceen die Function ob, einerseits die Lamina zu vergrössern andererseits den Stamm zu verlängern.

Wenn auch die im Vegetationspunkt von *Thalassiophyllum* erzeugten Löcher mit den Rissen von *Macrocystis* wenig Verwandtschaft zu haben scheinen, so findet man doch bei genauerer Betrachtung, dass beide Bildungen analog sind.

Die Reihen der progressiv vom Rücken bis zur Schneide grösser werdenden Löcher von *Thalassiophyllum*, wie auch die zwischen ihnen liegenden Spreitentheile, welche zum Rücken unter spitzem Winkel verlaufen, haben gewisse Aehnlichkeit mit den successive sich vergrössernden Rissen in der Endlamina, beziehungsweise den unter gleichem Winkel zum Rücken inserirten jungen Blättern von *Macrocystis*, nur dass der einzelne Riss von *Macrocystis* einer ganzen Reihe von Löchern bei *Thalassiophyllum* entspricht.

Wie bei *Macrocystis* der Vegetationspunkt durch den Riss in zwei ungleichwerthige Hälften getheilt wird, deren eine das spätere Blatt darstellt, deren andere den Charakter als Vegetationspunkt beibehält, so findet auch bei *Thalassiophyllum* durch die Lochbildung gleichsam eine Theilung des Vegetationspunktes in ungleichwerthige Hälften statt. Der eine Theil würde dem Blatt von *Macrocystis* entsprechen, der andere weiter als Vegetationspunkt fungiren.

Während bei *Macrocystis* das Längenwachsthum bedeutend stärker ist als das Wachsthum in Richtung der Flächenausbreitung, so herrscht bei *Thalassiophyllum* das letztere vor. Durch die Thätigkeit des Vegetationspunktes wird einmal die Fläche der Spreite verbreitert und damit auch Platz für die Neuanlage von Löchern geschaffen, andererseits wird die Länge des ganzen Thallus vergrössert.

Verfolgen wir zunächst den Uebergang des Vegetationspunktes nach unten, so sehn wir, dass sich derselbe wie bei *Macrocystis*, zum Stamm verdickt, der aber hier viel stärkeren Durchmesser erreicht. Hatte der Querschnitt durch den Vegetationspunkt eine Form, wie sie Figur 31 schematisch andeutet, so zeigt derselbe nach Beginn der Verdickung eine Gestalt, wie sie Figur 32 veranschaulicht. Das Wachsthum in die Dicke nimmt nach unten hin zu, wie auch die seitlich angrenzende Spreite (Figur 32 *sp*) sich, gegenüber derjenigen des Vegetationspunktes, verstärkt hat.

Was nun das Wachsthum der Spreite betrifft, so sei zunächst erwähnt, dass der Grund der spiraligen, dütenartigen Einrollung des Vegetationspunktes einerseits in dem stärkeren Wachsthum der äussern Laminaseite im Verhältnisse zu dem der inneren zu suchen ist, andererseits in dem Bestreben des Vegetationspunktes in die Länge zu wachsen.

Während diese Eigenschaften dem Vegetationspunkt dauernd erhalten bleiben, stellen die unterhalb desselben befindlichen Gewebepartieen nach und nach das Wachsthum in Richtung der Länge und Spreitenfläche ein und verdicken sich, wie wir sahen, zum Stamm.

Die seitlich an den Vegetationspunkt sich anschliessenden Spreitentheile, die natürlich durch das stärkere Flächenwachsthum ihrer Aussenseite in den Einrollungsprocess, der die jüngsten Thallustheile trifft, mit hineingezogen worden sind, gleichen die Krümmung allmählich durch stärkeres Wachsthum der Innenseite aus und entfalten sich.

Während sie selbst aber sich aus der eingerollten Lage heraus in eine Ebene auszubreiten bestrebt sind, vermögen sie nicht, die durch die ursprüngliche Einrollung bedingte spiralige Drehung der Rückenpartie der Lamina rückgängig zu machen, da diese inzwischen sich selbstständig zum Stamm zu verdicken begonnen hat.

Der flache Spreitentheil bleibt, seiner Entstehung entsprechend, mit der zum Stamm werdenden Rückenpartie zunächst in Zusammenhang und erscheint an demselben in einer Spirallinie inserirt. Schliesslich reisst der flache Spreitentheil aber vom Stamm ab mit Hinterlassung einer der ursprünglichen Insertion entsprechenden spiralig verlaufenden Narbe.

Zu diesem Abreissungsprocess trägt einmal das Bestreben der Spreite bei, sich durch nachträglich stärkeres Wachsthum der Innenseite in eine Ebene auszubreiten, andererseits der Umstand, dass im Stamm nun auch ein secundärer Dickenzuwachs beginnt.

2) Der innere Bau der Spreite vom Rücken bis zur Schneide, soweit derselbe für das Wachsthum von Bedeutung ist.

Dass *Thalassiophyllum* die drei Gewebearten Bildungsschicht, Rinde und Füllgewebe, ebenso wie *Macrocystis*, unterscheiden lässt, erwähnte ich schon.

Die anatomische Untersuchung des Vegetationspunktes giebt sofort darüber Aufschluss, dass die Ein- und Abrollungen des Thallus auf ungleichmässig auf seine beiden Spreitenflächen vertheiltes Wachthum zurückzuführen sind. In den eingerollten Partieen sind die Bildungsschicht- und Rindenzellen der äusseren Laminaseite in sehr lebhafter Theilung begriffen, und es werden hier Reihen von Zellen erzeugt, die auf dem Querschnitt radial hintereinander gelegen sind. Dagegen findet in den Geweben der inneren Seite des Vegetationspunktes bei weitem nicht so rege Theilung statt; es ist hier die Rinde schmäler als auf der Aussenseite, und zeigen auch die Zellen eine ganz andere Anordnung, indem dieselben auf dem Querschnitt zu kurzen tangentiel gestreckten Reihen, welche mit ihrer oft spitzen Endzelle in einander greifen, orientirt sind. Die Gewebe der Innenseite werden also in dem eingerollten Vegetationspunkt durch die stärker wachsende Aussenseite gedehnt.

Dass das stärkere Wachsthum der äusseren Laminaseite in Richtung der Fläche es ist, welches die jungen Theile der Lamina zunächst dem Vegetationspunkt zwingt, sich dütenartig einzurollen, geht daraus hervor, dass zugleich mit der Abnahme der Einrollung auch die Unterschiede in der Zellenanordnung auf der Aussen- und Innenseite mehr und mehr verschwinden; nachdem eine Zeitlang die innere Fläche stärker gewachsen ist als die äussere, zeigen dann die vollständig flachen älteren Spreitentheile die Rindenzellen auf beiden Seiten des Füllgewebes gleichmässig ausgebildet und zwar auf beiden Seiten mit tangential gestrecktem Lumen.

Aus der ungleichen Breite des Füllgewebes, welches ich auf Querschnitten durch die Spreite vom Rücken bis zur Schneide der Messung unterzog, konnte ich schliessen, dass das Rindengewebe sehr bald seine Theilungen einstellt und nichts mehr an's Füllgewebe abgiebt. Während ungefähr 1½ Centimeter vom Rücken entfernt das Füllgewebe breiter ist als im Vegetationspunkt, und bis dort die Rindenzellen also noch das Füllgewebe vergrössert haben, so verschmälert sich dasselbe, je näher man der Schneide kommt, mehr und mehr, und hat man schliesslich auf Querschnitten durch ganz alte Spreitentheile aus der Nähe der Schneide ein Gewebe, welches kaum noch die Differenzirung in Bildungschicht, Rinde und Füllgewebe erkennen lässt. Es ist in Folge der Streckung der oberflächlichen Zellen das Füllgewebe durch passive Zerrung so schmal geworden, dass uns hier und da eine Zelle desselben, auf dem Querschnitt durch das kleinere Lumen erkennbar, zwischen die tangential gestreckten Rindenzellen eingestreut erscheint. Die Quellung der Mittellamelle, wie sie jüngeres Füllgewebe zeigt, hat hier vollständig aufgehört.

Mit dem baldigen Uebergang der Rindenzellen in den Dauerzustand ist auch das äusserst geringe Vorkommen von Hyphen in alten Spreitentheilen in Zusammenhang zu bringen.

Schnitte, die parallel der Flächenentwickelung geführt sind, zeigen die Folge der Zerrung in Richtung der Fläche insofern auch sehr deutlich, als die siebröhrenartigen Füllgewebszellen sehr weit auseinander gerückt sind, und die sie verbindenden Querreihen bedeutende Streckung erfahren haben.

Dass auch Wachsthum in die Länge stattfindet, geht aus der Thatsache hervor, dass die Füllgewebszellen in älteren Laminatheilen sehr viel längere Ausdehnung zeigen als in jüngeren.

3) Die Entstehung der Löcher im Vegetationspunkt.

Die Lochbildung beruht auf dem Absterben des Gewebes an einer Stelle des Vegetationspunktes. Das Zugrundegehen der Zellen nimmt seinen Anfang von aussen her, und zwar von der äusseren und inneren Fläche des eingerollten Vegetationspunktes ausgehend; es werden aber die Zellen in der ganzen Ausdehnung der Stelle, welche zum Loch werden soll, nicht überall mit gleicher Energie desorganisirt, sondern das Absterben des Gewebes zeigt sich von beiden Laminaflächen aus nach innen vorzüglich in einer kreisförmigen Zone, welche dem Umfange des späteren Loches entspricht, so dass es den Anschein gewinnt, als sollten runde Stücke aus dem Zusammenhang des Vegetationspunktes herausgetrennt werden.

Das Absterben der Gewebe theilt sich nun auch dem innerhalb der ringförmigen Zone befindlichen, dem späteren Loche selber entsprechenden Spreitentheile mit, indem von beiden Laminaflächen aus nach einander Bildungsschicht-, Rinden- und Füllgewebszellen zu Grunde gehn. Gleichzeitig vermehren sich die Theilungen in den Bildungsschicht- und Rindenzellen der dem späteren Loche angrenzenden Partieen, und ist es besonders die Innenseite, welche durch ausgiebigere Theilungen für die Schliessung der Stellen sorgt, an denen das Absterben der Gewebe sich zuerst bemerkbar machte. Indem in der Umgebung des gebildeten Loches das Wachsthum sich zunächst fortgesetzt auf die Innenseite der Lamina concentrirt, wird die Umklappung des Lochrandes nach der äusseren Spreitenfläche herbeigeführt.

4) Entstehung der Adventivsprosse.

Die Seitensprosse von Thalassiophyllum sind keine normalen Verzweigungen, sondern verdanken ihre Entstehung lediglich der gesteigerten Wachsthumsenergie an den Wundrändern der neugebildeten Löcher der Spreite. Sie sind also vergleichbar den aus dem Wundcallus höherer Pflanzen hervorgehenden Adventivsprossen.

Von den umgeklappten Rändern von Löchern, welche dicht am Stamme liegen, wächst der eine oder der andere stärker in Richtung der Fläche und rollt sich dütenartig nach innen ein (Fig. 33a, 34a). Der eine

Rand eines solchen Adventivlappens wird zum Vegetationspunkt, welcher Stamm und Spreite eines Adventivsprosses producirt.

Während im Laufe der Zeit die alten Spreitentheile vom Stamme abgerissen werden, bleiben die jungen Adventiväste mit demselben in Zusammenhang und entwickeln sich weiter.

5) Das Dickenwachsthum des Stammes und die Entstehung der concentrischen Gewebezonen im Innern des alten Stammes.

In jener Region des Rückens, wo die vom Vegetationspunkt erzeugten Gewebe durch stärkeres Wachsthum zur Stammbildung schreiten, entfalten die Bildungsschichtzellen am Rücken und den zunächst angrenzenden Stücken der Aussen- und Innenseite des Vegetationspunktes eine regere Thätigkeit und erzeugen eine umfangreiche Rinde, die in ihrer radialen Anordnung zweifellos den Ursprung aus der Bildungsschicht erkennen lässt.

Weiter nach der Basis hin vergrössert sich der Durchmesser der Rindenschicht mehr und mehr und erreicht eine so bedeutende Ausdehnung, dass das geringe Füllgewebe sehr weit nach innen gerückt erscheint.

Die verdickende Thätigkeit der Bildungsschicht hört allmählich auf, und es sterben die Bildungsschicht und die äussersten Rindenzellen nach und nach ab, je näher man der Gegend des Stammes kommt, wo die Abreissung der Spreite erfolgt. Dort finden unterhalb der absterbenden äusseren Gewebeschichten in den peripherischen Theilen der Aussenrinde lebhaftere Theilungen statt als vor Eintritt des Absterbens der äusseren Gewebe, und es kommt hier zur Bildung einer Zone von meristematischem Gewebe, dessen Zellen auf dem Querschnitt cambiumähnliches, tafelförmiges Aussehen besitzen.

Es haben in der That nach dem Absterben der Bildungsschicht diese Aussenrindenzellen die Function übernommen, für das weitere Dickenwachsthum zu sorgen.

Durch die vermehrten Theilungen in der äusseren Rinde und die damit verbundene Vergrösserung des Stammumfanges tritt in dem abgestorbenen Gewebe, welches sich der Zunahme des Umfanges entsprechend nicht zu dehnen vermag, Bildung von Rissen ein.

Durch die Desorganisation der äusseren Gewebepartieen zur Zeit des Beginnes des secundären Dickenwachsthums wird auch hauptsächlich das Abreissen der Lamina bedingt, die des secundären Dickenwachsthums entbehrt.

Schon mit blossem Auge sieht man auf Querschnitten durch den alten Stamm dunkle Zonen, deren Entstehung erst beginnt, nachdem die äusseren Gewebe des Stammes ihre Lebensfähigkeit verloren haben; es wird durch die Gewebezonen ganz wesentlich zur Verdickung des Stammes beigetragen.

Die Färbemethode durch eine concentrirte Lösung von Safranin in Wasser erweist sich beim Nachweis der Entstehung der concentrischen Zonen als sehr zweckentsprechend.

Während die zu Grunde gegangenen und die theilweise im Absterben begriffenen Zellen der äusseren Partieen des alten Stammes sich mit Safranin dunkelroth färben, so nehmen die inneren Zellen der Rinde einen dunklen Rosaton an, ihre Mittellamelle zeigt braunrothe Nüancirung.

In jener Zone, wo die ausser Function gesetzten Rindenzellen an die noch thätigen grenzen, findet sehr ausgiebige Zelltheilung statt. Es tritt diese nicht am ganzen Umfang des Stammes zu gleicher Zeit ein, sondern meist zeigen sich die vermehrten Theilungen zuerst an irgend einer beliebigen Stelle der Aussenrinde, um sich nach und nach an der ganzen Peripherie bemerkbar zu machen.

Diese jungen Zellen nehmen mit Safranin hellrosa Nüance an, die Mittellamelle ist weniger gequollen und fällt daher nicht so auf als in den älteren Rindenzellen, sodass diese in Folge ihrer ungleichzeitigen Entstehung verschieden breite Zone sich deutlich gegen das ältere Rindengewebe abhebt und letzteres als Ring klar hervortreten lässt. Dieser Gürtel junger Zellen ist es, durch den die Dickenzunahme des Stammes wesentlich bedingt wird.

Es macht sich die Grenze zwischen jüngerem und älterem Rindengewebe noch um so deutlicher sichtbar, als speciell die peripherischen Schichten der älteren Rinde reichlicheren Inhalt an dunkelbrauner Masse führen als die Zone der jüngeren Rindenzellen.

Anfangs hielt ich den braunen Zellinhalt für Harz; da jedoch weder Alcohol noch Aether denselben lösten, so kam ich von dieser Annahme bald zurück.

Lösungsversuche mit Eau de Javelle, die erfolgreich verliefen, brachten mich zu der Ansicht, dass der Zellinhalt Plasma ist, welches seine geformte Beschaffenheit eingebüsst hat und sich zu einem homogenen Klumpen zusammenballt. Meine Ansicht ist um so gerechtfertigter, als die jüngeren Rindenzellen älterer Stämme, sowie die äusseren Gewebe jüngerer Organe denselben Inhalt führen, der sein homogenes, harzartiges Aussehn dadurch erhalten haben mag, dass das mir zu Gebote stehende Material getrocknet wurde, denn in frischem Zustande ist der Inhalt körnig, wie Ruprecht[1]) angiebt.

Es sind eben im alten Stamm die reichlicher Plasma enthaltenden Aussenrindenzellen durch die vermehrten Theilungen in der cambialen Zone der äusseren Rinde weiter nach innen gerückt.

---

1) Ruprecht, Bemerkungen über den Bau und das Wachsthum einiger grossen Algenstämme, pag. 62 ff. Mémoires de l'académie impériale des sciences de St. Pétersbourg, sér. VI, scienc. math. phys. et natur. Tome VIII. 1849.

Das dunklere Aussehn der Wände der älteren Rindenzellen gegenüber dem der jüngeren, wie es sich besonders an der Grenze zwischen beiden zeigt, führte mich anfangs zu der Vermuthung, dass eine Verholzung der Membranen eingetreten sei; da jedoch Phloroglucin und schwefelsaures Anilin keine characteristische Reaction gaben, so kam ich auf Grund des verschiedenen Verhaltens der Membranen der jungen und alten Rindenzellen gegen Safranin zu dem Schluss, dass das ungleiche Aussehn derselben auf stärkere Quellung der Wände, besonders der Mittellamelle der alten Rindenzelle zurückzuführen sei. Ohne Färbung lässt sich schon constatiren, dass die Mittellamelle der älteren Zellen stärker gequollen und dunkler braun gefärbt ist als in jüngeren.

Ruprecht hat bereits über die Entstehung der concentrischen Ringe oder Zonen Mittheilungen gemacht. Meine Untersuchungsresultate stimmen im wesentlichen mit denen von Ruprecht überein. Er führt an, dass die Ringbildung »auf neuer Zellenbildung in der Peripherie des Stammes und Hineinrücken der anliegenden Rindenzellen in's Innere« beruht, wie ich es angab. Ruprecht bringt ebenfalls das dunklere Aussehn der älteren Rindenzellen mit der verschieden starken Quellung und Braunfärbung der Mittellamelle in Zusammenhang und stellt, gegenüber den Behauptungen anderer Forscher, das Auftreten der Ringe als nicht streng periodisch wiederkehrend hin, wie sich aus der ungleichen Entfernung mehrerer dunkler Zonen von einander und auch aus der nicht gleichzeitig von allen Punkten der Peripherie ausgehenden Entstehung ergiebt.

Der vielfach angestellte Vergleich mit den Jahresringen dicotyler Stämme ist daher wegen der abweichenden und besonders nicht periodischen Entstehung nicht richtig.

Mit der Behauptung Ruprecht's, dass bei *Thalassiophyllum* die braune körnige Masse, welche ich als Protoplasma diagnosticirte, in den Ringen nicht stärker angehäuft sei als in dem übrigen Rindengewebe, kann ich mich nicht einverstanden erklären; ich habe in den Zellen der concentrischen Zonen, speciell den peripherischen, stets etwas grössere Plasmamassen gefunden als in den jüngeren Rindenzellen.

Morphologische Vergleichung von *Macrocystis* und *Thalassiophyllum* mit den übrigen Laminariaceen.

Nachdem schon vorher die analogen Erscheinungen im Bau des Thallus von *Macrocystis* und *Thalassiophyllum* besprochen wurden, mag jetzt auf eine Vergleichung ihrer äusseren Gestaltung mit der der übrigen Laminariaceen eingegangen sein.

Alle Laminariaceen, mit Ausnahme der zweifelhaften Chorda, sind in stamm- und blattartigen Abschnitt gegliedert.

Wie bei *Thalassiophyllum* und *Macrocystis* der Vegetationspunkt nicht scharf localisirt und in einiger Entfernung von der Sprossspitze gelegen ist, so auch bei Laminaria. Bei allen drei Gattungen vergrössert resp. erzeugt der Vegetationspunkt einerseits das Blatt, andererseits bildet und verlängert er nach unten den Stamm.

Befindet sich aber bei *Macrocystis* und *Thalassiophyllum*, wie wir sahen, der Vegetationspunkt seitlich an dem einen Rande der Lamina, so nimmt derselbe bei Laminaria dem gegenüber die Mitte des Blattgrundes an der Grenze zwischen Stamm und Spreite ein.

Die Spaltung des Vegetationspunktes in ungleichwerthige Hälften, wie wir sie bei *Macrocystis* und ähnlich bei *Thalassiophyllum* kennen lernten, ist bei Laminaria nicht vorhanden, sondern es löst sich bei einigen Gattungen die Spreite in riemenartige Blätter auf, die alle gleichwertbig sind, und von denen keines wie bei *Macrocystis* einen thätigen Vegetationspunkt besitzt.

Bei *Macrocystis* sind die Blätter der Lage des Vegetationspunktes entsprechend dem Stamm seitlich inserirt und perennirend, bei Laminaria dagegen nimmt die Spreite terminale Stellung ein und wird, mit einigen Ausnahmen, alle Jahre durch eine neue, vom Vegetationspunkt erzeugte emporgehoben und schliesslich abgeworfen.

In Folge dieser durch die verschiedene Lage des Vegetationspunktes bedingten verschiedenen Gliederung des Thallus, nehmen einerseits *Macrocytis* und *Thalassiophyllum*, andererseits Laminaria gesonderte Stellung ein.

Wenn wir auch für Alaria, Costaria und Agarum nicht wissen, wo der Zuwachs erfolgt, und ob auch bei ihnen ein jährliches Abwerfen der Spreite stattfindet wie bei Laminaria, so schliesst sich diese Gruppe in Folge der Gliederung ihres Thallus doch an Laminaria an, und steht also *Macrocystis-Thalassiophyllum* der Gruppe Laminaria-Alaria-Costaria-Agarum gegenüber.

Sind beide Gruppen auch durch die Lage des Vegetationspunktes unterschieden, so wiederholt sich die Gliederung der Laminaria in beiden Gruppen doch nach denselben Prinzipien.

Wie die Spreite bei *Macrocystis* durch lange Spalten in lineale Streifen zerrissen wird, so auch bei Laminaria.

Ein Pendant zu *Thalassiophyllum*, bei dem nur einzelne Löcher auftreten, die den Gesammtzusammenhang der Lamina nicht stören, bildet innerhalb der anderen Gruppe von Gattungen Agarum mit seiner durchlöcherten Spreite.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Macrocystis. Sprossspitze mit Vegetationspunkt *v*. Bei a_6 setzt sich Fig. 1 an den Stamm a_6 der Fig. 2 an. Schematisirt. Natürliche Grösse. Weitere Erklärung im Text.

Fig. 2. M. Thallusstück kurz über der Wurzel; oberhalb des Blattes *E* sind einige Blätter weggelassen. Natürliche Grösse, etwas schematisirt. Weitere Erklärung im Text.

Fig. 3. M. Schematische Darstellung der Spaltenbildung am Keimling. c_6 ↑ das Stück, welches sich mit dem Vegetationspunkt *v*, a_6 in Fig. 2 entsprechend, in Folge stärkeren Längenwachsthums über die anderen Abschnitte erhebt. Weitere Erklärung im Text.

Fig. 4. M. Radialer Längsschnitt, parallel der Flächenentwickelung der Lamina, durch einen Theil eines nicht mehr thätigen Vegetationspunktes. *s* oberflächlich gelegene Schleimmembran; *a* Bildungsschicht; *b* äussere Rinde; *c* Beginn der inneren Rinde. Vergr. $^{300}/_{1}$.

Fig. 5. M. Schnitt wie sub Fig. 4. An Fig. 4 *c* sich anschliessend. Die Zeichnung stellt einen Theil der inneren Rinde dar. *t* Tüpfel. Vergr. $^{300}/_{1}$.

Fig. 6. M. Schnitt wie sub Fig. 4. An Fig. 5 sich anschliessend. Die Zeichnung stellt die innere Rinde am Uebergang in's Füllgewebe dar. *t*, *t'* Tüpfel. Vergr. $^{300}/_{1}$.

Fig. 7. M. Schnitt wie sub Fig. 4. An Fig. 6 sich anschliessend. *i* Gewebe, wie sie im Füllgewebe eines thätigen Vegetationspunktes vorkommen. $i + k$ die Fortsetzung von Fig. 6 nach dem Füllgewebe hin. *a*, *t* in der Entstehung aus Tüpfeln begriffene Querverbindungen, *l* weiter fortgeschrittenes Stadium; *h* Hyphen. Die gequollene Mittellamelle schraffirt. Vergr. $^{300}/_{1}$.

Fig. 8. M. Schnitt wie sub Fig. 4. An Fig. 7 sich anschliessend. Die Zeichnung stellt die Mitte des Füllgewebes dar mit den siebröhrenartigen Zellen. *a* verbindende Querreihen; *h* Hyphen auf dem Längsschnitt, *h'* auf dem Querschnitt. Bei *b* der durch Safraninfärbung hervortretende Ring an den Querwänden der Füllgewebezellen. Bei *c* callusartige Bildung. Die gequollene Mittellamelle schraffirt. Vergr. $^{300}/_{1}$.

Fig. 9. M. Schnitt, parallel der Oberfläche, durch einen ganzen Stamm, den verschiedenen Grad der Quellbarkeit der Wand einer Zelle der inneren Rinde zeigend. Die Wandstellen *a* und *b* noch nicht, *d* und *c* dagegen bereits gequollen. *t* Tüpfel. Vergr. $^{300}/_{1}$.

Fig. 10. M. Längsschnitt durch einen jungen Stamm. Die durch Quellung auseinandergewichenen in's Füllgewebe übergehenden Innenrindenzellen. *e*, *b* verbindende Querreihen an den zugespitzten Enden des durch Theilung aus einer Rindenzelle hervorgegangenen Zellfadens. Die gequollene Mittellamelle schraffirt. Vergr. $^{240}/_{1}$.

Fig. 11. M. Längsschnitt aus einem jungen Stamm. Junge Füllgewebezellen mit schwach gequollener Siebplatte *s* und dieselbe umgebendem Ringe *r*. *s* bleibt hell nach Färbung mit Safranin, *r* färbt sich braunroth. Vergr. $^{500}/_{1}$.

Fig. 12. M. Querschnitt durch einen alten Stamm in Chlorzinkjodlösung. Bei *a*, *b*, *c* die durch Quellung der Mittellamelle verdickten Wandpartieen; *t* Tüpfel, Vergr. $^{300}/_{1}$.

Fig. 13. M. Querschnitt durch einen alten Stamm. Siebplatte. Vergr. $^{500}/_{1}$.

Fig. 14. M. Querschnitt durch einen jungen Stamm. *s* junger primärer Schleimgang. Vergr. $^{450}/_{1}$.

Fig. 15. M. Querschnitt durch einen wenig älteren Stamm. *s* weiter nach innen gerückter primärer Schleimgang. Vergr. $^{450}/_{1}$. *b* Begrenzungszellen.

Fig. 16. M. Querschnitt durch einen älteren Stamm. Ein aus zweien entstandener primärer Schleimgang *s*, der mit zwei secundären Schleimnestern, s_1, s_2, in Verbindung steht; letztere von kleinen Begrenzungszellen, *b*, umgeben. Vergr. $^{450}/_{1}$

Fig. 17. M. Querschnitt durch einen älteren Stamm. *s* primärer Schleimgang. 1) in Theilung begriffene Grenzzelle, jüngstes Stadium der Bildung eines secundären Schleimnestes. Vergr. $^{450}/_{1}$.

Fig. 18. M. Querschnitt durch einen älteren Stamm. *s* primärer Schleimgang; 2) in der Entwickelung begriffenes secundäres Schleimnest, älter als wie es Fig. 17 darstellt. In der Mitte der getheilten Zelle macht sich Quellung der Intercellularsubstanz bemerkbar. Vergr. $^{450}/_{1}$. *b* Begrenzungszellen.

Fig. 19. M. wie sub Fig. 18. *s* primärer Schleimgang; 3) weiter vorgerücktes Stadium eines secundären Schleimnestes. Vergr. $^{450}/_{1}$.

Fig. 20. M. Längsschnitt durch einen alten Stamm. *s* primärer Schleimgang, die Begrenzungszellen sind resorbirt. s_1—s_4 mehr oder minder ausgebildete, radial gegen die Bildungsschicht verlaufende secundäre Gänge, von denen s_4 in seitlicher Richtung sich zu erweitern beginnt. Vergr. $^{160}/_{1}$.

Fig. 21. M. Querschnitt durch einen jungen Stamm. Anordnung der Tüpfel in einer Aussenrindenzelle. Vergr. $^{610}/_{1}$.

Fig. 22. M. Querschnitt durch einen älteren Stamm. Anordnung der Tüpfel in einer Innenrindenzelle. Vergr. $^{610}/_{1}$.

Fig. 23. M. Querschnitt durch einen älteren Stamm. Anordnung der Tüpfel in einer dem Füllgewebe benachbarten Innenrindenzelle. Vergr. $^{610}/_{1}$.

Fig. 24. M. Querschnitt durch einen älteren Stamm. Die Tüpfel verschmelzen unter Resorption der zwischen ihnen liegenden Membran, die zum Theil noch sichtbar ist, zur Siebplatte. Der Umriss der Tüpfel auf ihrer Aussenseite noch erkennbar. Vergr. $^{610}/_{1}$.

Fig. 25. Fucus vesiculosus. Querschnitt durch die Mittelrippe des Laubes. *t* Tüpfel verschiedenen Alters, die nach der Mitte an Grösse zunehmen und im Füllgewebe zur Siebplatte *s* werden. Vergr. $^{225}/_{1}$.

Fig. 26. Ascophyllum nodosum. Längsschnitt durch ein jüngeres Organ. *t* Tüpfel, welche die durch starke Quellung auseinandergerückten Rindenzellen verbinden. Bei *f* strecken sich die Innenrindenzellen tangential, um sich im Füllgewebe zu siebröhrenartigen Gebilden weiter zu strecken. Bei *s* die aus einem Tüpfel hervorgegangene Siebplatte. Vergr. $^{150}/_{1}$.

Fig. 27. Laminaria saccharina. Längsschnitt aus einem alten Stamm. Spiralige Verdickungen in der Wand einer Siebröhre. Vergr. $^{1000}/_{1}$.

Fig. 28. Macrocystis luxurians. Längsschnitt durch einen jungen Stamm. Drei Füllgewebezellen, schräg getroffen. Bei *a* der dicke, die Siebplatte umgebende Ring; letztere nur als schmaler Spalt sichtbar, der sich mit Safranin nicht färbte, während der Ring braunrothe Farbe angenommen hatte. Bei *b* ein grösseres Stück der Siebplatte, bei *c* die ganze Siebplatte, der Ring nur als zwei kleine Zacken sichtbar. Vergr. $^{1000}/_{1}$.

Fig. 29. Fucus vesiculosus. Längsschnitt durch die Mittelrippe des Laubes. Die Zellfäden mit spitzen Endzellen an der Grenze der Innenrinde und des Füllgewebes. *h* verbindender Tüpfelcanal, durch Quellung der Mittellamelle vertieft. *s* Siebplatte; *t* Tüpfel. Vergr. $^{160}/_{1}$.

Fig. 30. Thalassiophyllum Clathrus. Oberer Theil eines Stammes mit Spreite, schematisirt; natürliche Grösse. Der Rand *r* ausgerollt; in Wirklichkeit ist derselbe dütenartig eingerollt, so dass der Punkt *x* in der Verlängerung der Richtung des Stammes *s* liegt. Rand *r* dem Rücken, der andere Rand, von *x* an, der Schneide eines Messers entsprechend. Die Spreite, welche sich vom Stamm abrollt, *a*, ist von reihenweise gestellten Löchern durchbrochen, deren kleinste und jüngste sich in der Nähe des Vegetationspunktes *v* befinden.

Fig. 31. Thal. Querschnitt durch den eingerollten Rand, schematisch. *v* Vegetationspunkt, *sp* Spreite.

Fig. 32. Thal. Querschnitt durch den sich zum Stamm verdickenden Theil unterhalb des Vegetationspunktes, schematisch. *s* junger Stamm, *sp* Spreite.

Fig. 33. Thal. Oberes Stück eines älteren Stammes *s* mit Spreitenresten *sp*. Jüngstes Stadium der Adventivsprossbildung *a*, *u* zurückgeklappter Rand. Mittelst des Dicatopters gezeichnet. Viermal vergrössert.

Fig. 34. Thal. Theil eines Thallus, welcher die Adventivsprossbildung in ihrer weiteren Entwickelung zeigt. *a* Adventivspross; bei *e* die Einrollung des Lochrandes sichtbar. *u* nach der unteren Spreitenfläche zurückgeklappte Ränder. Mittelst des Dicatopters gezeichnet. Viermal vergrössert.

Marburg. Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).